

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина»

Кафедра "Безопасность жизнедеятельности"

СБОРНИК ЗАДАЧ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПО КУРСАМ «ЭКОЛОГИЯ»,
«СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ», «ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

Иваново 2013

Составители: И.Г. МЕЛЬЦАЕВ,
А.Ф. СОРОКИН
Редактор Г.В. ПОПОВ

Сборник задач и методические указания для практических заданий по курсам «Экология», «Социальная экология», «Природопользование», которые необходимы для освоения методики определения продуктивности экосистем, обеспечения населения первичной продукцией, расчета минимальной нормы питания, загрязнения окружающей среды выхлопами автотранспорта, стационарными источниками и платы за загрязнение природной среды, а также определения необходимого количества деревьев для воспроизводства кислорода на 1 чел.

Предназначены для проведения практических занятий и самостоятельной работы по курсам «Экология», «Социальная экология» и «Природопользование» для студентов всех специальностей.

Утверждены цикловой методической комиссией ИФФ.

Рецензент

кафедра «Безопасность жизнедеятельности»
ГОУ ВПО «Ивановская государственная текстильная академия»

Тема 1. Биологическая продуктивность фитоценозов экосистем

1.1. Метод расчета биологической продуктивности фитоценоза по приходу ФАР на земную поверхность

Задание 1.1. Рассчитать возможную биологическую продуктивность фитоценозов экосистем по поступлению фотосинтетической активной радиации (ФАР) на земную поверхность и её использование растениями (КПД).

Цель задания 1.1: научить студента производить расчеты продуктивности экосистем по приходу ФАР и при её использовании первичными продуцентами (зелеными растениями).

Методические указания по выполнению задания

Факторы внешней среды, оказывающие существенное влияние на продуктивность ценозов, *называются экологическими*.

Экологические факторы подразделяются на биотические и абиотические.

К биотическим факторам относятся: *фитогенные* (влияние растений на сообитателей: прямое — контакты,); *микогенные* (влияние возбудителей грибных болезней — ржавчины, мучнистой росы, корневых гнилей и т.д.).

К абиотическим факторам относят: *климатические* (свет, тепло, воздух, влагу в разных формах, космические явления); *эдафические* или почвенно-грунтовые (механический и химический состав почвы, её физические свойства и т.д.); *топографические*, или орографические (условия рельефа, водоразделы, равнины, склоны и т.д.).

Влияние экологических факторов на живой организм очень разнообразно. Одни факторы являются ведущими — оказывают более сильное воздействие, другие второстепенные — действуют слабее; одни влияют на все стороны жизни растений, другие — на какой-либо определенный жизненный процесс. Но все факторы, безусловно, необходимы растениям для формирования органического вещества.

Свет — один из наиболее важных для жизни абиотических факторов. Его роль определяется, прежде всего, особым поло-

жением растений в биосфере как автотрофов, образующих органическое вещество из простых неорганических соединений с использованием для синтеза энергии солнечного излучения. На землю поступает солнечной радиации около 1 млрд доли, излучаемой Солнцем, что составляет 8,17 Дж/см²·мин, или 1,36 мВт/см² (солнечная постоянная).

Фотосинтетическая активная радиация — это солнечные лучи с длиной волн 380— 710 нм, которые используются растениями в процессе фотосинтеза органического вещества. Растения для синтеза органического вещества используют не только прямые лучи Солнца, которые падают на него непосредственно, но и рассеянную радиацию.

В зависимости от высоты Солнца прямая радиация содержит от 28 до 43 % ФАР, рассеянная при облачном небе — 50 — 60 %, голубого неба — до 90 %. Ценозы в процессе фотосинтеза поглощают только часть поступающей солнечной радиации. В зависимости от культур экосистем и других причин эта величина составляет от 0,15 до 10 %.

Известно, что в формировании первичной продукции участвует не только ФАР, но и вода, двуокись углерода, многие элементы таблицы Д.И. Менделеева, в том числе как катализаторы — тяжелые металлы, а также хлорофилловые зерна, находящиеся в пластинке листа. Наряду с синтезом органического вещества растение продуцирует в атмосферу свободный кислород, необходимый для протекания в живом организме окислительно-восстановительных химических и биохимических реакций.

Рассчитать продуктивность экосистем, указанных в табл. 1.

Таблица 1
Продуктивность экосистем в зависимости от прихода ФАР и коэффициента его использования

| Показатели | Луг | Лес, древесина | Зерно |
|--|-----|-------------------|-------|
| Биологическая продуктивность(А),ц/га | | | |
| КПД ФАР,% | | | |
| Продуктивность при стандартной влажности | | | |

Биологическая продуктивность экосистем определяется по формуле А.А. Ничипоровича.

$$A = \frac{R \cdot 10^9 \cdot K}{10^2 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 10^2},$$

где A — биологическая продуктивность абсолютно сухой фитомассы, ц/га;

$R \cdot 10^9$ — количество приходящей ФАР за период вегетации растений на земную поверхность, ккал/га;

K — коэффициент использования ФАР, %;

10^2 — коэффициент перевода процентов использования ФАР в относительные единицы;

$4 \cdot 10^3$ — количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг абсолютно сухой фитомассы, ккал/кг;

10^2 — коэффициент перевода килограммов (кг) в центнеры (ц).

Исходные данные по поступлению ФАР даны в табл. 2.

Σ ФАР рассчитать самостоятельно, учитывая данные своего задания (табл. 2).

Таблица 2
Приход ФАР, рассчитанной для некоторых областей РФ
методом интерполирования за вегетационный период
растений, млн ккал/га

| Область | Месяцы | | | | | | Σ , млрд ккал |
|--------------------|-------------|-----|------|------|-------------|---------------|----------------------------|
| | Ап- рель | Май | Июнь | Июль | Ав- густ | Сен- тябрь | |
| Архангель- ская | 130 | 580 | 690 | 740 | 715 | 470 | |
| Ленинград- ская | 200 | 645 | 750 | 840 | 820 | 520 | |
| Вологодская | 200 | 640 | 760 | 830 | 815 | 562 | |
| Калининская | 220 | 690 | 815 | 840 | 860 | 570 | |
| Ивановская | 220 | 660 | 775 | 825 | 830 | 530 | |
| Костромская | 210 | 650 | 765 | 810 | 815 | 520 | |
| Ярославская | 215 | 654 | 770 | 820 | 761 | 525 | |
| Московская | 230 | 695 | 830 | 850 | 758 | 590 | |
| Нижегород- ская | 225 | 674 | 790 | 815 | 780 | 572 | |
| Владимир- ская | 230 | 680 | 815 | 884 | 840 | 574 | |

Окончание табл.2

| | | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|--|
| Тульская | 250 | 720 | 850 | 900 | 880 | 710 | |
| Рязанская | 300 | 790 | 880 | 940 | 930 | 750 | |
| Орловская | 315 | 820 | 910 | 960 | 970 | 760 | |
| Воронежская | 400 | 890 | 950 | 1000 | 1100 | 820 | |
| Р. Мордовия | 350 | 800 | 870 | 960 | 968 | 745 | |
| Волгоград- ская | 610 | 886 | 937 | 1100 | 1150 | 840 | |
| Тамбовская | 360 | 830 | 936 | 991 | 1080 | 810 | |
| Р. Марий Эл | 380 | 794 | 850 | 980 | 995 | 740 | |
| Саратовская | 605 | 861 | 925 | 1060 | 1030 | 834 | |
| Свердлов- ская | 180 | 560 | 810 | 860 | 120 | 450 | |
| Пермская | 200 | 635 | 750 | 810 | 790 | 510 | |
| Калужская | 220 | 700 | 820 | 835 | 850 | 560 | |
| Брянская | 320 | 810 | 900 | 970 | 980 | 760 | |
| Псковская | 195 | 630 | 745 | 825 | 810 | 550 | |
| Ростовская | 700 | 900 | 970 | 1200 | 1250 | 880 | |

Теоретический коэффициент использования ФАР для РФ составляет примерно 6 – 8 %, но на практике это значение несколько ниже.

Коэффициент использования ФАР при средней культуре земледелия равен примерно 0,5 – 1,5 %, хорошей — 1,5–3,0 , очень хорошей — 3,5–5,0, на орошаемых полях при высокой культуре земледелия составляет около 10 %.

Для основного вида растительности РФ КПД ФАР соответствует примерно уровню 1–2 %, а в некоторые годы — 0,9–1,0 %. По отдельным экосистемам это выглядит следующим образом: для пустынных кустарников — 0,03 %, горных альпийских лугов — 0,15 – 0,75 %, лесных экосистем — 2 – 4 %.

1. Для расчета продуктивности абсолютно сухой биомассы областей Нечерноземной зоны в основных ценозах используются следующие значения КПД ФАР, %: для зерновых — 1,75 – 2,0, картофеля — 2,5 – 3,0, сахарной свеклы — 2,9 – 3,4, кукурузы на зеленую массу — 2,8 – 3,2, многолетних трав на зеленую массу — 2,5 – 2,8 естественных пастбищ — 0,3 – 0,5, естественные сенокосы — 0,6 – 0,8, лесных экосистем — 6,0 – 8,0. Большие значения применяются для более теплых регионов.

Необходимо также сделать расчет продуктивности экосистем на стандартную влажность. Расчет на стандартную влажность производится по следующей формуле:

$$A_{ce} = \frac{A}{100 - C} \cdot 100,$$

где A_{ce} — продуктивность при стандартной влажности, ц/га;

A — абсолютно сухая фитомасса, ц/га;

C — стандартная влажность продукции, %.

Стандартная влажность — это влажность, при которой продукция хорошо хранится и имеет товарный вид или используется для производства другой продукции.

Стандартная влажность для некоторых видов растительной продукции (С),%: для зерна — 13 – 14, корнеплодов сахарной свеклы и клубней картофеля — 80, зеленой массы кукурузы — 80 – 85, сахарной свеклы, ботвы картофеля – 85, зеленой массы многолетних трав луга, пастбищ — 75 – 80, сена многолетних трав, соломы зерновых — 15 – 16, древесины — 55 – 60.

2. Основную продукцию можно также определить путем деления абсолютно сухой массы (А) на отношение основной к побочной продукции, которое для зерновых составляет 1:1,35; картофеля — 1:1,1; сахарной свеклы — 1:0,4. Например, для сахарной свеклы

$$X_{c.в} = \frac{A}{2,5}$$

■ Определить возможный прирост биомассы консументов 1-го и 2-го порядка в данной экосистеме при полученной Вами средней продуктивности экосистемы?

■ Согласно закону 10 % Р. Линдемана на каждый последующий трофический уровень переходит только 10 % энергии от предыдущего уровня (только у свиней 20 %, деструкторов 40 %). Считать, что используется для этого лишь 60–70 % фитомассы от её общего количества (часть остается в почве как растительные остатки, часть расходуется растением на дыхание). Таким образом, определить количество передаваемой энергии по трофической цепи питания. Построить пирамиду биомассы и энергии исходя из полученных расчетных данных.

■ Рассчитайте, сколько можно получить электроэнергии при поступлении на земную поверхность (пашню) региона данного

количества солнечной радиации, если 1 ккал соответствует $1,16 \cdot 10^{-6}$ кВт·ч. Площадь пашни принимать для проведения расчетов равной значению, указанному в табл. 14 региона проживания студента.

■ Определите, какое количество населения можно обеспечить электроэнергией, энергией Солнца, которая поступает на поверхность пашни Вашего региона, если принять обеспеченность в РФ электроэнергией 1 чел., в среднем 7 кВт·ч в сутки.

■ Определить, сколько смогли бы сэкономить ископаемых ресурсов (каменного угля, нефти, природного газа, урана-235, дейтерия) при производстве такого же количества электроэнергии, если на производство 1 кВт·ч расходуется 9,2 г урана, 600 г каменного угля, 300 г мазута, 1 м^3 природного газа, 34 г дейтерия.

? ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие факторы внешней среды называются экологическими ?
2. Что из себя представляет фотосинтетическая активная радиация ? Как происходит её использование растениями в разных экосистемах.
3. В чем заключается процесс фотосинтеза органического вещества ?

1.2. Метод расчета биологической продуктивности экосистем по биогидротермическому потенциалу

При расчетах биологической продуктивности экосистем по биогидротермическому потенциалу учитываются гидротермические особенности региона (приход солнечной радиации и обеспеченность ценозов продуктивной влагой в течение вегетационного периода).

Если взять, например, два совершенно разных региона — Ивановский и Брянский, то можно отметить, что в Ивановском регионе заметно ниже поступление солнечной радиации (а значит, и тепла), чем в Брянском. В последнем в течение всей вегетации выше содержание продуктивной влаги в почве по сравнению с Ивановской. Следовательно, Брянский регион по данному показателю имеет лучшие условия для роста и развития растений, а поэтому здесь выше продуктивность экосистем.

Биогидротермический потенциал в разных зонах имеет разные значения. Если в Северо-Западном регионе его величина составляет от 2,5 до 3,5, то в Прибалтийском — 4,1 – 5,2, Центральном — 2,9 – 4,5. В южных регионах данный показатель имеет ещё большие значения.

Задание 1.2. Рассчитать биологическую продуктивность экосистем по биогидротермическому потенциалу.

Цель задания 1.2: освоить методику расчета продуктивности экосистем по биогидротермическому потенциалу.

Методические указания по выполнению задания

Необходимо определить, какая продуктивность может сформироваться за счет влагообеспеченности и температурного режима региона.

Математическое выражение взаимосвязи этих абиотических факторов объединено в формуле А.М. Рябчикова:

$$K_p = \frac{W \cdot T}{36 \cdot R},$$

где K_p — биогидротермический потенциал продуктивности (баллы);

W — продуктивная влага в почве ($W = P - S$, мм/га или м³/га, где P — среднегодовое количество осадков, S — сток, мм/га или м³/га);

T — период вегетации растений в декадах;

36 — количество декад в году;

R — радиационный баланс за период вегетации растений, ккал/см².

Вегетационный период некоторых культур, дни: сухая степь — 80-90, озимых хлебов — 130 – 140; ячменя — 100 – 110; овса — 120 – 130; картофеля раннего — 80 – 90; картофеля среднего срока созревания — 120 – 130 дней; картофеля позднего — 135 – 145; кукурузы на зеленую массу — 110 – 120; многолетние травы в естественной экосистеме — 150 – 160; многолетние травы, сеянные на зеленую массу — 140 – 150; лес — 150 – 160, рапс — 80-90. Значения вегетационного периода должны быть приняты во внимание в целях лучшего использования гидротермического потенциала фитоценозами в том или ином регионе.

Произвести расчет продуктивности экосистем по вышеуказанной формуле и результаты представить в виде таблицы (табл. 3).

Таблица 3
Продуктивность экосистем
в зависимости от биогеотермического потенциала (БГТП)

| Показатели | Луг | Лес, древесина | Зерно |
|--|-----|----------------|-------|
| БГТП, Баллы | | | |
| Прирост фитомассы, ц/га (А) | | | |
| Продуктивность при стандартной влажности, ц/га | | | |

Стандартную влажность находим таким же способом, как и при выполнении первого задания. Там же приведены и исходные данные для расчетов.

Исходные данные для задания 1.2 указаны в табл. 4 и 5.

Таблица 4
Приход суммарной радиации за вегетационный период
растений, ккал/см²

| Регион | R, ккал/см ² | Дней с t > 10 ⁰ С | Регион | R, ккал/см ² | Дней с t > 10 ⁰ С |
|---------------|-------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------|------------------------------|
| Архангельский | 20,0 | 54 | Вологодский | 22,5 | 113 |
| Ленинградский | 22,5 | 122 | Новгородский | 23,0 | 126 |
| Владимирский | 25,0 | 139 | Ивановский | 24,5 | 132 |
| Костромской | 24,5 | 123 | Московский | 25,5 | 135 |
| Орловский | 29,0 | 144 | Рязанский | 28,0 | 140 |
| Тульский | 28,0 | 143 | Ярославский | 24,5 | 130 |
| Нижегородский | 25,0 | 133 | Р. Мордовия | 28,0 | 181 |
| Пермский | 24,5 | 108 | Свердловский | 24,5 | 113 |
| Смоленский | 28,0 | 135 | Тверской | 24,5 | 129 |
| Кировский | 24,0 | 122 | Псковский | 24,0 | 135 |
| Калужский | 28,0 | 135 | Брянский | 29,0 | 144 |
| Ростовский | 30,0 | 200 | Саратовский | 29,5 | 190 |
| Р. Марий Эл | 28,5 | 185 | Воронежский | 30,0 | 190 |

Активный прирост фитомассы происходит при температуре атмосферного воздуха +10 °С или более.

Таблица 5

**Количество продуктивной влаги в почве за период
вегетации растений**

| Регион | Продуктивная влага, мм | Регион | Продуктивная влага, мм |
|---------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| Архангельский | 225 – 300 | Вологодский | 275 – 340 |
| Ленинградский | 275 – 300 | Новгородский | 275 – 325 |
| Псковский | 300 – 320 | Брянский | 345 – 425 |
| Владимирский | 330 – 350 | Ивановский | 300 – 320 |
| Тверской | 300 – 320 | Калужский | 300 – 320 |
| Костромской | 310 – 330 | Орловский | 350 – 370 |
| Рязанский | 340 – 370 | Тульский | 320 – 350 |
| Нижегородский | 310 – 360 | Пермский | 310 – 350 |
| Смоленский | 270 – 300 | Кировский | 300 – 350 |
| Ярославский | 310 – 330 | Р. Мордовия | 250 – 300 |
| Свердловский | 300 – 350 | Московский | 400 – 420 |
| Ростовская | 170 – 180 | Саратовский | 150 – 160 |
| Р. Марий Эл | 313 – 320 | Воронежский | 200 – 220 |

В лесной экосистеме содержание продуктивной влаги в почве выше, чем под культурами травянистых экосистем в два раза.

Прирост фитомассы необходимо определить по графику (см. рис.).

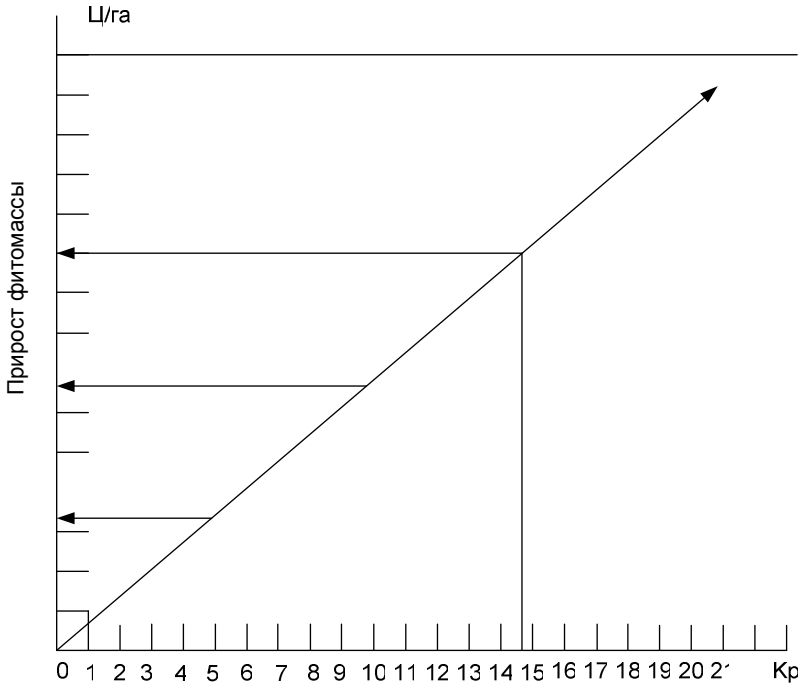


График зависимости прироста фитомассы от биогазотермического потенциала

■ Сколько можно получить электроэнергии при сжигании полученной абсолютно сухой биомассы с 1 га, если при сжигании 1 кг сухой массы выделяется $4 \cdot 10^3$ ккал энергии. Расход электроэнергии в РФ приходится на 1 чел в сутки 7 кВт·ч. Площадь пашни в регионе проживания студента для расчетов принять согласно табл. 12.

■ Что произойдет с популяцией карпа в замкнутом водоеме, если в водоем произошел залповый выброс фенола в количестве 250 кг? Равновесная концентрация растворенного в воде кислорода до сброса составляла $10 \text{ мгO}_2/\text{л}$. Объем водоема составляет 100000 м^3 .

Таблица 6
Удельная теплота сгорания некоторых видов топлива

| Топливо | Удельная теплота сгорания | |
|----------------------------|---------------------------|---------------|
| | МДж/кг | Ккал /кг |
| Дрова (воздушно-сухие) | 8,4 – 11,0 | 2500 – 3000 |
| Каменный уголь (в среднем) | 27,0 | 6500 |
| Торф | 10,5 – 14,5 | 2500 – 3500 |
| Дизельное топливо | 42,7 | 10200 |
| Керосин | 44,0 – 46,0 | 10500 – 11000 |
| Нефть | 43,5 – 46,0 | 10400 – 11000 |
| Мазут | 39,9 | 9500 |
| Газ природный | 41,0 – 49,0 | 9800 – 11700 |

Таблица 7
Коэффициенты перевода единиц энергии

| | <i>Дж</i> | <i>кал</i> | <i>кгс · м</i> | <i>кВт · ч</i> | <i>т у.т. *</i> |
|-----------------|----------------------|------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>Дж</i> | 1 | 0,239 | 0,102 | $2,78 \cdot 10^{-7}$ | $3,41 \cdot 10^{-11}$ |
| <i>кал</i> | 4,187 | 1 | 0,427 | $1,16 \cdot 10^{-6}$ | $1,43 \cdot 10^{-10}$ |
| <i>кгс · м</i> | 9,81 | 2,342 | 1 | $2,65 \cdot 10^{-6}$ | $3,34 \cdot 10^{-10}$ |
| <i>кВт · ч</i> | $3,60 \cdot 10^6$ | $8,6 \cdot 10^5$ | $3,67 \cdot 10^5$ | 1 | $1,23 \cdot 10^{-4}$ |
| <i>т у.т. *</i> | $2,93 \cdot 10^{10}$ | $7 \cdot 10^9$ | $2,99 \cdot 10^9$ | $8,15 \cdot 10^3$ | 1 |

■ Определить, какое количество населения можно обеспечить электроэнергией при сгорании полученной сухой фитомассы. Рассчитать, сколько можно сэкономить невозобновляемых природных ресурсов на производство этого объема электроэнергии: угля, нефти, природного газа, торфа.

■ Скорость роста пустынь из-за нерационального природопользования достигает 10-44 га/мин. Оцените, через за какой период производство продуктов питания на планете уменьшится в 2 раза, если урожайность с/х культур сохранится на современном уровне (30 ц/га). В расчетах принять, что прирост населения составляет 100-120 млн человек в год, а площадь с/х угодий, включая пастбища и пашню, равна 45 млн км² (P₀). 1 км² = 100 га.

Решение. Прирост населения составляет, доли:

$$D = \frac{\Delta}{N} = \frac{100 \cdot 10^6}{6,5 \cdot 10^9}$$

Так как количество продуктов питания пропорционально площади сельскохозяйственных угодий, то, следовательно, увеличение населения пропорционально уменьшению площадей при условии, что урожайность сохраняется.

Скорость роста пустынь составляет:

$$V_{\text{пуст}} = S \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \quad \text{га,}$$

где S – площадь роста пустыни, мин;

t_1 – количество минут в часе;

t_2 – количество часов в сутки;

t_3 – количество дней в году.

$$V_{\text{пуст}} = 27 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = \quad \text{га/год.}$$

Ответ: производство продуктов питания уменьшится в 2 раза через t лет,

$$\text{где } t = 0,5 \cdot \frac{P_0 \cdot V_{\text{пуст}} \cdot D}{V_{\text{пуст}}},$$

■ Общая площадь с/х угодий в РФ соответствует 22 млн км² (в том числе пашня – 11,6 млн км²). На современном этапе скорость эрозии почв достигнет 1,63 га/ч (или 6 – 7 % от общей площади в год), когда почва выведется из с/х оборота в связи с полной потерей плодородия в своем регионе.

Рассчитайте, через какое время снизится в 2 раза производство продуктов питания, если продуктивность экосистем сохранится на прежнем уровне (14,5 ц/га). В расчетах в первом случае принять прирост населения как при простом воспроизводстве населения, во втором – с условием естественной убыли – 920 тыс. человек в год. (Взять в процентном отношении от общего количества населения страны.)

■ Прирост численности населения нашей планеты описывается экспоненциальным законом и составляет около 1,9 %. Оцените период, за который численность населения планеты достигнет 12, 15, 20 млрд человек.

Решение. Изменение численности населения во времени в дифференциальной форме может быть записано в виде

$$(dN) / dt = k \cdot t.$$

В интегральной форме это уравнение имеет вид

$$N = N_0 \cdot \exp(k \cdot t),$$

где N_0, N – начальная и конечная (в момент t) численность населения;

t – рассматриваемый промежуток времени;

k – прирост населения, доли.

После преобразования получим

$$t = \frac{\ln(N / N_0)}{k},$$

■ Мировые запасы фосфора оцениваются в 40 млрд т. Ежегодная добыча и потребление составляют в настоящее время

0,23 млрд т. Оцените срок исчерпания фосфора, если прирост его добычи будет соответствовать приросту населения, 2 % в год.

Решение. Для вычисления сложного процента в этом случае легче всего воспользоваться формулой суммы членов ряда геометрической прогрессии:

$$Q = \frac{(k^n - 1) \times g}{k - 1},$$

где Q – запас ресурсов;

g – годовое потребление ресурса;

k – прирост потребления данного вида ресурса (в долях относительно 1);

n – число членов прогрессии (в рассматриваемом случае число лет, на которые рассчитан данный вид ресурса)

После преобразования получим

$$N = \frac{\ln\left(\frac{Q(k-1)}{g} + 1\right)}{\ln k},$$

где $k = 1,02$.

❏ ? ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что представляет из себя биогидротермический потенциал и как он влияет на формирование растительной продукции ?
2. От чего зависит гидротермический коэффициент и одинаков ли он по регионам страны ? Приведите пример.

1.3. Метод расчета продуктивности экосистем по влагообеспеченности и коэффициенту водопотребления растений

Вода является важнейшим экологическим фактором при получении первичной растительной продукции. С помощью воды или при ее непосредственном участии в растении протекают все химические и биохимические реакции. Все питательные вещества, получаемые растениями из почвы, находятся в растворенном виде в почвенном растворе. В таком же состоянии происходит перераспределение веществ в самом растении. Клетка любого живого организма практически состоит на 80 % из клеточного сока различной концентрации. Растение на формирование одной единицы абсолютно сухого вещества использует от 100 и выше единиц воды.

В разных регионах РФ количество выпадающих осадков не одинаково. Причем в зависимости от обеспеченности региона теплом значительная их часть не влияет на формирование растительной продукции — вода частично испаряется с поверхности почвы и уходит в глубокие её слои.

Задание 1.3. Рассчитать продуктивность экосистем по влагообеспеченности и коэффициенту водопотребления растений.

Цель задания 1.3: научиться определять продуктивность фитоценозов по количеству продуктивной влаги в том или ином регионе РФ.

Методические указания по выполнению задания

Для определения возможной величины продуктивности по среднегодовому количеству осадков используют следующую формулу:

$$A_{\text{вп}} = \frac{W}{K_{\text{г}}},$$

где $A_{\text{вп}}$ — возможная продуктивность при естественной влагообеспеченности, т/га, для расчетов перевести центнеры на гектар, 1 т = 10 ц;

W — запасы продуктивной влаги в почве, мм; 1 мм = 10 м³.

K_6 — коэффициент водопотребления культуры, м³/т;

■ Определить, сколько потребуется пресной воды на производство продукции со всей площади пашни региона при среднем коэффициенте водопотребления культур. Сравните её с потребностями человека, живущего в мегаполисе, если в сутки он тратит согласно норме 240 л/сутки.

■ Рассчитать, сколько можно получить мяса из полученной растительной продукции с 1 га пашни (и со всей площади региона), полученную на естественных экосистемах (луга, пастбища, площадь которых составляет 30 % от площади пашни). Если принять, что кормовое достоинство 1 ед. сухой массы соответствует 0,4 – 0,45 кормовым единицам. На производство 1 ц мяса травоядных животных требуется 10 – 11 ц кормовых единиц. Для какого числа жителей будет достаточно данного количество мяса, если по физиологическим нормам 1 человеку в среднем необходимо 60 кг мяса в год.

■ Покажите схематично, сколько передается энергии с одного трофического уровня на другой на примере: фитомасса → травоядные животные → хищник.

■ Рассчитать продуктивность экосистем и представить результаты расчета в виде таблицы (табл.8).

Таблица 8

Расчеты уровня продуктивности по влагообеспеченности ценозов

| Показатели | Луг | Лес, Древесина | Озимая пшеница |
|---|-----|-------------------|-------------------|
| Абсолютно сухая масса (А), ц/га | | | |
| КПД водопотребления, м ³ /т | | | |
| Продукция при стандартной влажности, ц/га | | | |

Исходные данные для расчетов даны в табл.9, 10, 11.

Таблица 9

**Коэффициенты водопотребления ценозов (K_b) для
некоторых культур, м³/т сухой продукции**

| Культура | Характер года (на выбор) | | | |
|----------------|--------------------------|------------|-------------|---------|
| | Влажный | Нормальный | Засушливый | Средний |
| Озимая пшеница | 375 – 450 | 450 – 500 | 500 – 525 | |
| Луг | 140 – 150 | 160 – 180 | 190 – 210 | |
| Лес | 700 – 800 | 900 – 1000 | 2100 – 2200 | |

Таблица 10

**Коэффициент использования осадков
разными типами почв**

| Тип почв | Коэффициент использования осадков | Годовая сумма осадков (W_0), мм |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Дерново-подзолистая глинистая | 0,74 – 0,84 | $W_0 \cdot K_{ио} = W$ |
| Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая | 0,72 – 0,82 | |
| Дерново-подзолистая среднесуглинистая | 0,66 – 0,76 | |
| Дерново-подзолистая легкосуглинистая | 0,63 – 0,73 | |
| Дерново-подзолистая супесчаная | 0,52 – 0,60 | |
| Дерново-подзолистая песчаная | 0,42 – 0,48 | |
| Серая лесная | 0,70 – 0,80 | |
| Черноземная | 0,80 – 0,85 | |
| Торфяная | 0,78 – 0,88 | |

Таблица 11

Количество выпавших осадков

| Регион | Σ осадков за год, мм | Регион | Σ осадков за год, мм (W_0) |
|---------------|-----------------------------|----------------|---------------------------------------|
| Архангельский | 518 | Вологодский | 617 |
| Ленинградский | 653 | Новгородский | 679 |
| Псковский | 625 | Брянский | 623 |
| Владимирский | 599 | Ивановский | 609 |
| Тверской | 644 | Калужский | 661 |
| Костромской | 630 | Московский | 618 |
| Орловский | 590 | Рязанский | 554 |
| Смоленский | 665 | Тульский | 589 |
| Ярославский | 637 | Нижегородский | 590 |
| Кировский | 586 | Р. Мордовия | 524 |
| Пермский | 660 | Свердловский | 525 |
| Р. Марий Эл | 534 | Удмуртия | 548 |
| Саратовский | 325 | Воронежский | 380 |
| Ростовский | 250 | Ставропольский | 300 |

❓ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какая роль отводится воде при первичном синтезе органического вещества ?
2. Какая вода в почве считается продуктивной ?
3. Что выражает коэффициент водопотребления ?

1.4. Метод расчета возможной продуктивности экосистем по биоклиматическому потенциалу

Биоклиматический потенциал имеет очень важное значение для продуктивной производительности растительной биомассы. Те или иные условия, складывающиеся в основных зонах производства продуктов питания, влияют на обеспеченность промышленности растительным сырьем, животноводство — кормами, население страны — продуктами питания.

В целом по РФ в зонах основного земледелия этот потенциал не превышает 1,1, черноземной зоне — 1,8 балла. В то время как в Европе в целом он находится на уровне 1,8 – 2,0, США —

2,4, Индии — 4, Бразилии – 5. Эти значения указывают на то, что в нашей стране условия для производства растениеводческой продукции хуже, чем в Европе, США, Индии и Бразилии.

Задание 1.4. Выполнить расчет возможной продуктивности экосистем по биоклиматическому потенциалу.

Цель задания 1.4: освоить метод расчета биоклиматического потенциала для разных экосистем и определения их продуктивности.

Методические указания по выполнению задания

Продуктивность экосистем по биоклиматическому потенциалу определяется по следующей формуле:

$$БПК = K_p \cdot \frac{\sum t_{>10^{\circ}C}}{1000^{\circ}C},$$

где *БПК* — биологический потенциал продуктивности экосистем, баллы;

$\sum t_{>10^{\circ}C}$ — сумма среднесуточных активных температур воздуха за летний период, превышающих 10 °С;

K_p — коэффициент биологической продуктивности, которая зависит от влагообеспеченности растений и представляет собой отношение максимальной продуктивности в условиях достаточного увлажнения к продуктивности при недостатке влаги;

1000 °С — сумма температур на северной границе полевого земледелия, которая показывает качественную и количественную оценку биологической продуктивности климата.

Величину потенциальной биологической продуктивности пересчитывают в продуктивность той или иной культуры по следующей формуле:

$$m = \frac{K_n}{K_p} \cdot 10 \cdot БПК,$$

где *m* — продуктивность зерна, ц/га;

K_n — коэффициент продуктивности культур (урожай на 100° сумм температур).

Исходные данные для определения урожайности приведены в табл. 12, 13.

■ Рассчитать общее количество углерода, связанного в органическом веществе растений, полученного на пашне региона, если углерода в фитомассе содержится в среднем 54 % от её массы.

■ Определить, какую биомассу травоядных животных и хищников можно получить из полученной биомассы растительности согласно закону 10 % Р. Линдемана. Покажите это схематично.

Таблица 12

Коэффициент продуктивности при различном показателе увлажнения

| Культура | $\sum t$ $>10^{\circ}C$ | Показатель увлажнения(Md) | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,35 | 0,38 | 0,42 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,75 |
| Кукуруза | 2200 | 0,52 | 1,00 | 1,28 | 1,45 | 1,54 | 1,60 | 1,40 | 0,75 |
| Озимая пшеница | 1450 | 0,48 | 0,86 | 1,06 | 1,19 | 1,25 | 1,25 | 1,20 | 1,34 |
| Озимая рожь | 1350 | 0,47 | 0,86 | 1,07 | 1,20 | 1,27 | 1,29 | 1,28 | 1,15 |
| Овес | 1400 | 0,58 | 1,10 | 1,87 | 1,52 | 1,59 | 1,60 | 1,56 | 1,18 |
| Ячмень | 1350 | 0,59 | 1,11 | 1,39 | 1,54 | 1,62 | 1,64 | 1,59 | 1,39 |
| Яровая пшеница | 1450 | 0,47 | 0,81 | 1,00 | 1,08 | 1,11 | 1,04 | 1,02 | 1,41 |
| Горох | 1250 | 0,51 | 0,95 | 1,21 | 1,28 | 1,36 | 1,41 | 1,35 | 0,98 |
| Гречиха | 1300 | 0,46 | 0,88 | 0,98 | 1,06 | 1,12 | 1,01 | 1,08 | 1,01 |
| Люпин | 1700 | 0,49 | 0,98 | 1,07 | 1,12 | 1,15 | 1,17 | 1,06 | 0,97 |
| Огурец | 1200 | 0,40 | 0,67 | 0,82 | 0,94 | 1,01 | 1,08 | 1,04 | 1,00 |
| Томат (красный) | 1500 | 0,58 | 0,62 | 0,78 | 0,95 | 1,07 | 1,11 | 1,03 | 0,99 |
| Капуста | 1100 | 0,60 | 0,66 | 0,77 | 0,93 | 1,09 | 1,16 | 1,10 | 1,03 |
| Свекла столовая | 1400 | 0,75 | 0,84 | 0,95 | 1,06 | 1,13 | 1,20 | 1,08 | 1,01 |
| Морковь | 1500 | 0,50 | 0,65 | 0,73 | 0,96 | 1,12 | 1,25 | 1,13 | 1,08 |
| Репа | 1000 | 0,57 | 0,68 | 0,80 | 1,02 | 1,18 | 1,28 | 1,18 | 1,10 |
| Картофель | 1250 | 0,64 | 0,67 | 1,04 | 1,09 | 1,17 | 1,23 | 1,15 | 1,09 |

Примечание. Цифры в скобках — значения увлажнения (Md = осадки - испарение).

■ Определить, сколько выделяется микроорганизмами диоксида углерода (CO_2) (т) при разложении органической массы. В расчет принять 50 % фитомассы, из них 10 % освобожденного углерода идет на формирование тела самих бактерий, их масса на 1 га составляет примерно 5 – 10 т в зависимости от факторов жизнеобеспечения и 20 % вновь усваивают растения. Молекулярная масса кислорода (O_2) равна 32, углерода (C) – 12,01. Плотность диоксида углерода, $1,997 \text{ кг/м}^3$. Сравните вклад выброса углерода в атмосферу при сжигании разных видов топлива в год на 1 чел. в вашем регионе. Например, в США выбросы углерода на душу населения составляют 5,03 т, РФ – 3,6, в Китае – 0,56 т, Индии – 0,19, в среднем в мире – 1,08 т.

■ Считается, что разлитая на поверхности воды сырая нефть (плотностью $0,87 \text{ т/м}^3$) на 55 % испаряется и биохимически разлагается за первые сутки, а оставшаяся (45 %) деградирует полностью за 16 лет. В среднем в Мировой океан ежегодно поступает 2,3 млн т нефти. Оцените количество нефтепродуктов, накопившихся в океане за 1 год, 10 и 20 лет и назовите основные последствия.

Таблица 13

Исходные данные по количеству активных температур и других показателей продуктивности

| Регион | $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ | K_p | M_d | Регион | $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ | K_p | M_d |
|---------------|-------------------------------|-------|-------|---------------|-------------------------------|-------|-------|
| Архангельский | 1461 | 1,20 | 0,60 | Псковский | 1850 | 1,20 | 0,60 |
| Ленинградский | 1663 | 1,20 | 0,60 | Новгородский | 1800 | 1,20 | 0,60 |
| Ивановский | 1918 | 1,10 | 0,55 | Тульский | 2200 | 1,04 | 0,53 |
| Владимирский | 2048 | 10,8 | 0,55 | Смоленский | 2000 | 1,08 | 0,55 |
| Костромской | 1811 | 1,00 | 0,58 | Калининский | 1800 | 1,18 | 0,60 |
| Московский | 2100 | 1,12 | 0,56 | Кировский | 1850 | 1,04 | 0,49 |
| Ярославский | 1950 | 1,18 | 0,59 | Курский | 2370 | 0,95 | 0,42 |
| Орловский | 2230 | 0,99 | 0,53 | Воронежский | 2600 | 0,83 | 0,35 |
| Нижегородский | 2120 | 1,00 | 0,45 | Липецкий | 2350 | 0,92 | 0,42 |
| Р. Мордовия | 2290 | 0,95 | 0,40 | Краснодарский | 2600 | 0,96 | 0,43 |
| Пермский | 1800 | 1,08 | 0,55 | Свердловский | 1700 | 1,04 | 0,42 |
| Рязанский | 2300 | 0,96 | 0,45 | Омский | 1900 | 0,82 | 0,35 |
| Ростовский | 3500 | 0,94 | 0,39 | Р. Марий Эл | 2000 | 0,96 | 0,41 |

■ Поступление углекислого газа (Π_{AT}) составляет

7,2 млрд т/год, а его содержание в атмосфере равно примерно 720 млрд т ($C_{ат}$).

При слабой концентрации двуокиси углерода в атмосфере средняя планетарная температура составляла 255K (K_1), в настоящее время она соответствует 288K (K_2).

Решение. По экспертным данным подъем глобальной температуры на $4,0^{\circ}\text{C}$ может вызвать подъем уровня воды Мирового океана на 5,5 м ($H_{мо}$). Территория РФ в среднем находится на высоте 75 м ($H_{тр}$) над уровнем моря (Иваново – 200 м). Через какой период (ΔT) территория России покроется слоем воды, если будет сохраняться на этом же уровне выброс окиси углерода (CO_2).

Следовательно, при выбросе каждого миллиарда тонн двуокиси углерода в атмосферу будет вызываться повышение температуры на ΔT :

$$\Delta T = \frac{K_2 - K_1}{C_{ам}} = \quad ^{\circ}\text{C}/\text{ГТ}.$$

Таким образом, подъем средней планетарной температуры на 4K может произойти за время (t);

$$t = \frac{4K}{\Delta T \times P_{ам}} = \quad \text{лет}.$$

Получаем, что территория РФ (и г. Иваново в том числе) при данных условиях утонет через

$$T = \frac{H_{мп}}{H_{мо}} \times t = \quad \text{лет}$$

■ Средняя продолжительность существования видов представителей флоры и фауны составляет 5–6 млн лет. За последние 200 млн лет исчезло примерно 900 тыс. видов, в среднем –1 вид в год.

В настоящее время скорость исчезновения видов на 4 порядка больше, то есть за сутки исчезают 24 вида (V_i).

Оцените, за какой период видовое разнообразие на планете уменьшится на 10 % и 20 % при сохранении современной тенденции и перечислите основные причины и следствия уменьшения видового разнообразия на планете.

Решение. Скорость исчезновения видов в год в настоящее время составляет: $V = V_i \times 365 =$ видов в год. В настоящее время известное число видов оценивается в 1,7 млн (N).

Значит, видовое разнообразие сократится на 10 % ($\Delta = 0,1$) за

$$t = \frac{\Delta 0,1 \times N}{V} = \text{лет.}$$

Что является основной причиной уменьшения видового разнообразия в биосфере в настоящее время?

📖 ? ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дать определение биоклиматического потенциала. Для каких целей используется и как складывается этот показатель по регионам ?

1.5. Расчет продовольственной безопасности

Производство в достаточном количестве основных продуктов питания в любом государстве, если оно не хочет быть зависимым, считается приоритетным. Для того чтобы государство было независимым, необходимо обеспечить население продовольственными ресурсами на 100 % плюс трехмесячным запасом на непредвиденные обстоятельства или в крайнем случае на 70 - 80 % основными видами продуктов питания.

Процент относительной независимости (продовольственной безопасности) является 70 % -я обеспеченность зерновым эквивалентом. Условием самодостаточности обеспечения населения продуктами питания считается для РФ зерновой эквивалент 800 – 1000 кг на душу населения в год. При таком уровне обеспеченности зерном есть возможность производства в достаточном количестве животноводческой продукции (мяса и молока).

Производство данного количества зерна на душу населения требует определенных финансовых и материальных вложений со стороны государства. Страны старой Европы своим производителям аграрной продукции возвращают 80 % произведенных затрат, США – 60, Япония – 100, РФ – 0,03. Эти дотации дали возможность фермерам зарубежных стран развивать свое производство на индустриальной основе, тем самым обеспечивая не только население своих стран продовольствием, но и реализовывая излишки продукции, в том числе РФ на не выгодных для

нас условиях. На сегодняшний день РФ производит примерно чуть больше 50 % от нормы «независимости».

Задание 1.5. Определить самодостаточность производства основных видов продукции в регионе (зерна, мяса, молока).

Цель задания 1.5: научиться оценивать самодостаточность производства основных видов продуктов питания в заданном регионе.

Методические указания по выполнению задания

Алгоритм работы

1. Определить продуктивность экосистем исходя из величины почвенно-экологического индекса, ц/га. $P_3 = B_6 \times C_6$.
2. Определить валовой сбор зерна со всей площади пахотных земель региона. $V_{сб} = P_3 \times S_3$.
3. Определить потребность населения региона в зерне, если на душу населения потребность в год составляет 350 – 400 кг (на хлебобулочные изделия) $P_{р.з} = H_p \times P_3$.
4. Определить потребность населения региона в мясе. (Физиологическая потребность человека в мясе 67 кг/год).
 $P_{н.м.с} = H_p \times 6$.
5. Определить потребность в зерне для производства мяса, если на получение 1 ц мяса требуется 6 – 7 ц зерна (потребление мяса на 2000 г. составляло в РФ 60 кг, США – 120 кг).
 $P_{з.м} = P_{н.м.с} \times 6$.
6. Определить потребность населения региона (H_p) в молоке.
 $H_{р.м.о} = H_p \times 250$.
7. Определить потребность в зерне для производства молока, если на 1 кг молока затрачивается дополнительно 0,3 – 0,5 кг зернофуража (годовая потребность в молоке – 200 – 250 кг/год). $P_{з.м.о} = H_p \times 0,5$
8. Рассчитать баланс зерна в регионе. $B_3 = V_{сб} - P_{р.з} - P_{з.м} - \dots$
9. Сколько необходимо дополнительно внести питательных веществ в почву на производство недостающей продукции (1 кг питательных веществ - азота, фосфора, калия обеспечивает выход 5 – 6 кг зерна). $H_{н.д.з} / 5-6 = P_{уд}$.

Исходные данные для расчета самодостаточности региона даны в табл. 14, 15 и 16.

■ Определить, сколько жителей останется в регионе через 3; 5 и 10 лет при коэффициенте естественной убыли населения 1,19 (по регионам он принимает значения от 0,88 до 1,5 %, т.е. общий коэффициент смертности (ОКС) составляет 9 – 15 умерших на тысячу человек населения региона в год). Рассчитать, сколько было бы жителей в регионе при общем коэффициенте рождаемости (ОКР) = 2,15 в эти же промежутки времени, при коэффициенте естественной убыли 0,5. Количество женщин детородного возраста (18 – 40 лет), способных к воспроизводству потомства составляет 25 – 30 % от общего населения. Определить время удвоения численности населения региона.

Количество родившихся детей в год составит:

$$K_{p,\delta} = K_{ж.д.в} \cdot K_p \text{ или}$$

$$K_{p,\delta} = \frac{K_{муж} + K_{женщ. детород. возраста}}{2} \cdot K_p;$$

$$K_n = K_{об} + K_{\delta},$$

где K_{δ} – количество родившихся детей,

$K_{ж}$ – количество детородных женщин,

K_p – коэффициент рождаемости (или число родившихся на 100 человек детей);

$K_{об}$ – количество обортов.

Количество умершего населения рассчитываются следующим образом:

$$K_{2008} = K_{2005} \cdot (1 - D_{окс})^t,$$

где $D_{окс}$ – количество смертей на 1000 чел. в год;

t – период расчета.

Время удвоения численности населения определяется следующим образом:

$$T_2 = \frac{70}{(ОКР - ОКС) \cdot 0,1},$$

где ОКР – общий коэффициент рождаемости;

ОКС – общий коэффициент смертности.

Темпы роста (или убыль) населения, %, рассчитываются по выражению

$$TP = \frac{OKP - OKC}{10}.$$

■ Уменьшение толщины озонового слоя на 1 % из-за увеличения потока УФ-излучения на 2 % ведет к росту заболеваний кожи (S) на 40 %. Оцените рост заболеваемости раком кожи через 10, 50, 100 лет (t) по отношению к настоящему времени, если средняя скорость (V_{ucm}) уменьшения озонового слоя равна 0,224 % ежегодно.

За определенный период времени озоновый слой может уменьшиться на:

$$\Delta C = V_{ucm} \times t = \quad \%.$$

Вероятность (B_3) заболевания раком кожи на каждый процент истощения составляет:

$$B_3 = \Delta C \times S.$$

Главная причина истощения озонового слоя – это выброс в атмосферу галогеноводородов (производных хлора, брома) и оксидов азота.

■ Оцените уровень изъятия первичной биомассы в регионе и сделайте соответствующие выводы, если численность населения в регионе составляет (N) человек, а земельный фонд области (S).

Используя указанные обозначения, найдем максимально возможное количество первичной биомассы, которое должно было бы производиться на 1 жителя области в невозмущенной среде (g_6):

$$g_6 = \frac{M \times S}{N},$$

M – продуктивность фитомассы, т/ (год·чел).

В настоящее время практически полностью исключено производство первичной продукции на площади 100 тыс. га (S_V):

$$S_V = S - S_V.$$

Изъятие первичной биопродукции находим по формуле:

$$g_6 = \frac{M \times S_V}{N} = \quad \text{т/ (год·чел)}.$$

Доля (D) изымаемой продукции равна

$$D = \frac{g_g \times 100}{N} = \%.$$

Данное значение намного превышает допустимый порог (1%) изъятия первичной биопродукции, делает невозможным действие принципа Ле Шателье - Брауна на континентальной части планеты.

Таблица 14

Численность населения и площадь пахотных земель по регионам страны

| Регион | Население, млн чел | Площадь пашни, тыс. га | Регион | Население, млн чел. | Площадь пашни, тыс. га. |
|---------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Архангельский | 1,415 | 300 | Тульский | 1,665 | 1540 |
| Вологодский | 1,291 | 860 | Ярославский | 1,373 | 800 |
| Ленинградский | 1,642 | 430 | Нижегородский | 3,562 | 290 |
| Новгородский | 703,0 | 500 | Кировский | 1,542 | 2660 |
| Псковский | 767,0 | 920 | Р. Мордовия | 899,6 | 1280 |
| Брянский | 1,395 | 1360 | Белгородский | 1,499 | 1700 |
| Владимирский | 1,558 | 680 | Воронежский | 2,393 | 3260 |
| Ивановский | 1,176 | 650 | Курский | 1,269 | 2030 |
| Тверской | 1,531 | 1590 | Волгоградский | 1,291 | 5860 |
| Калужский | 1,049 | 990 | Пензенский | 1,453 | 2570 |
| Костромской | 759,0 | 700 | Калмыцкий | 292 | 960 |
| Московский | 6,398 | 1250 | Татарский | 3,780 | 3810 |
| Орловский | 876,0 | 1650 | Ульяновский | 1,382 | 1830 |
| Рязанский | 1,239 | 1890 | Краснодарский | 4,970 | 4300 |
| Смоленский | 1,084 | 1480 | Ставропольский кр. | 2,633 | 4280 |
| Курганский | 1,020 | 3040 | Ростовский | 4,257 | 6080 |
| Свердловский | 4,511 | 1570 | Алтайский кр. | 2,606 | 7320 |
| Тамбовский | 1,244 | 2290 | Пермский | 2,903 | 2110 |
| Р. Марий Эл | 745,3 | 630 | Самарский | 2,669 | 3130 |

Таблица 15

Балл бонитета для почв некоторых регионов

| Регион | Балл | Регион | Балл |
|---------------------|------|---------------------|------|
| Ивановский | 41 | Владимирский | 44 |
| Московский | 52 | Ярославский | 41 |
| Костромской | 39 | Нижегородский | 43 |
| Архангельский | 39 | Новгородский | 37 |
| Ленинградский | 50 | Орловский | 46 |
| Рязанский | 47 | Мордовский | 47 |
| Пермский | 37 | Свердловский | 45 |
| Марий Эл | 42 | Воронежский | 53 |
| Курский | 62 | Белгородский | 63 |
| Смоленский | 42 | Вологодский | 41 |
| Волгоградский | 35 | Самарский | 42 |
| Калмыцкий | 27 | Пензенский | 50 |
| Татарский | 49 | Краснодарский край | 80 |
| Алтайский край | 39 | Ростовский | 49 |
| Ставропольский край | 50 | Курганский | 47 |
| Ульяновский | 51 | Кировский | 36 |
| Калужский | 42 | Ставропольский край | 50 |
| Курганский | 47 | Ростовский | 49 |
| Тамбовский | 55 | Алтайский край | 39 |
| Пермский | 37 | Волгоградский | 35 |
| Ульяновский | 51 | Кировский | 36 |
| Тульский | 52 | Липецкий | 55 |

Примечание. При выполнении расчета по заданию балл бонитета снизить на 15 - 20 %

Таблица 16

Цена балла почвы при разных уровнях почвенного плодородия, зерно, зерновые единицы

| Степень почвенного плодородия | Уровень почвенного плодородия | Цена балла, ц | |
|---|--------------------------------|----------------|------------------|
| | | Зерно | Зерновые Единицы |
| I Дерново-подзолистые почвы | 1. Низкий | 0,13 | 0,16 |
| | 2. Средний | 0,13 – 0,18 | 0,16 – 0,22 |
| | 3. Повышенный | 0,18 – 0,23 | 0,22 – 0,28 |
| II Серые лесные почвы Оподзоленные черноземы | 1. Высокий (1-й уровень) | 0,23 – 0,30 | 0,28 – 0,36 |
| | 2. Высокий (2-й уровень) | 0,30 – 0,38 | 0,36 – 0,45 |
| | 3. Высокий (3-й уровень) | 0,38 – 0,46 | 0,45 – 0,55 |
| III Выщелоченные черноземы Обыкновенные черноземы | 1. Очень высокий (1-й уровень) | 0,46 – 0,53 | 0,55 – 0,64 |
| | 2. Очень высокий (2-й уровень) | 0,53 – 0,61 | 0,64 – 0,73 |
| | 3. Очень высокий (3-й уровень) | 0,61 – 0,69 | 0,73 – 0,83 |

❓ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. В чем выражается самодостаточность производства основных видов продуктов питания.
2. Какие продукты питания для человека считаются основными и почему?
3. Каковы последствия чрезмерного импорта продовольствия для страны?

Тема 2. Экология питания человека

Питание — это совокупность процессов, включающих в себя поступление, переваривание, всасывание и усвоение питательных веществ живыми организмами, то есть это составная часть процесса обмена веществ в живых организмах. С этих позиций экологию питания можно рассматривать как анализ экосистем с точки зрения происходящего в них обмена веществами и энергией.

Питание удовлетворяет одну из важнейших физиологических потребностей человеческого организма, обеспечивающую его формирование, функционирование, устойчивость к неблагоприятным воздействиям внешней среды. Достаточное в количественном отношении питание оценивается как рациональное или сбалансированное.

Рациональное питание должно обеспечивать оптимальное течение всех физиологических функций, рост и физическое развитие, работоспособность и здоровье человека в соответствии с возрастом, полом, характером труда, климатическими и другими условиями.

Питание не только оказывает влияние на онтогенез, но и, действуя на протяжении многих поколений, определяет направление филогенетического развития человека.

Для мужчин среднего телосложения оптимальным является содержание жира 15 – 19 % от массы тела, женщин — 18 – 22 %.

Оно должно отвечать определенным требованиям:

— быть количественно и качественно полноценным и полностью компенсировать все энергетические затраты организма;

— содержать в своем составе, прежде всего, необходимые организму незаменимые компоненты (не синтезируемые в организме компоненты — аминокислоты, витамины, минеральные элементы и др.) в оптимальных количествах и соотношениях, в пище углеводы должны составлять 50 %, жиры — 20 %, белки — 30 % или в соотношении 50:20:30);

— быть сбалансированным, все химические компоненты его должны соответствовать ферментным системам организма, обеспечивающим их полноценную утилизацию;

— быть разнообразным и включать широкий набор продуктов животного (мясные, рыбные, молочные продукты) и растительного (овощи, фрукты, ягоды), происхождения в правильных пропорциях, исключающих однообразие;

— быть доброкачественным: не содержать возбудителей, вирусных и паразитных болезней, а также токсинов микробного и немикробного происхождения;

— иметь хорошие органолептические показатели (цвет, запах, консистенция, вкус, температура, внешний вид и т.д.) вызывают аппетит;

— обладать хорошей переваримостью, усвояемостью и вызывать чувство насыщения;

— питание должно иметь правильный режим.

Потребности человека в энергии, которую он получает из пищи, зависят как от индивидуальных особенностей организма (пола, возраста, веса, роста, обменных процессов), так и от характера трудовой деятельности, условий быта, отдыха и окружающей среды (прежде всего от климата). Осредненный мировой показатель пищевых потребностей определен экспертами ООН (ФАО) и ВОЗ в 2740 килокалорий (ккал) в сутки на человека, или 1,0 млн ккал/год.

В соответствии с физиологическими нормами питания все взрослое трудоспособное население в России (1990) разделено на 5 групп по интенсивности труда. При этом учитываются суточные энергетические затраты и нервно-психическая напряженность трудового процесса (табл. 18 и 19).

Как отмечают медики, излишний вес приводит к многим заболеваниям: сердечно-сосудистым, гипертонии, варикозному расширению вен и другим болезням.

Таблица 17

Энергетические затраты при различных видах трудовой деятельности

| Группа | Вид трудовой деятельности | Энергозатраты, Ккал в сутки |
|--------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Работники умственного труда | 2200 – 2800 |
| 2 | Работники физического труда | 2350 – 3000 |
| 3 | Работники средней тяжести труда | 2500 – 3200 |
| 4 | Работники тяжелого физического труда | 2900 – 3700 |
| 5 | Работники особо тяжелого труда | 3900 – 4300 |

В США среднесуточное потребление пищевой энергии составляет 3500 ккал, Англии – 3190, Ирландии – 3410, Нидерландах – 3320, Германии – 3220. В среднем по Европе оно равно 3165 ккал. В развивающихся странах таких как Ангола – 2000, Индия – 2070, Мали – 2060 ккал в сутки.

В Российской Федерации утверждена минимальная норма потребления продуктов питания (так называемая продовольственная корзина) из расчета 2196 ккал сутки.

Таблица 18

**Химический состав и энергетическая ценность
минимального набора продуктов для основных
социально-демографических групп
населения РФ**

| | Трудоспособное | | Пенсио- неры | Дети | |
|----------------------------------|----------------|---------|-----------------|--------------|--------|
| | Мужчины | Женщины | | 0 – 6 лет | 15 лет |
| Белки, г в сутки | 88 | 68 | 64 | 49 | 73 |
| Жиры, г в сутки | 69 | 58 | 54 | 51 | 74 |
| Углеводы, г в су- тки | 437 | 326 | 314 | 228 | 349 |
| Энергетическая ценность, ккал | 2730 | 2110 | 2000 | 1580 | 2360 |

Задание 2.1. Рассчитать потребность в продуктах питания на душу населения (составление потребительской корзины) в сутки, месяц, год.

Цель задания 2.1: научиться рассчитывать потребность в продуктах питания на душу населения при существующих минимальных нормах питания.

Методические указания по выполнению задания

Алгоритм работы

1. Определить потребность в продуктах питания на одного взрослого (мужчину) и ребенка 7 – 15 лет.
2. Определить потребность в продуктах питания на одного взрослого (женщину) и ребенка до 6 лет.

3. Определить потребность в продуктах питания одного пожилого человека.
4. Произвести расчет уменьшения излишней массы собственного тела путем сжигания жира при проведении определенной деятельности.
5. Определить свою идеальную массу тела в зависимости от его размеров и типа телосложения.

В табл. 17 указаны некоторые продукты питания, имеющие в своем составе важные компоненты для организма человека.

Формулы для определения идеальной массы собственного тела

для мужчин: $M_{и} = [(P_{см} / 2,54 \cdot 4) - 128] \cdot 0,453$;

для женщин: $M_{и} = [(P_{см} / 2,54) \cdot 3,5 - 108] \cdot 0,453$.

Формулы для расчета $M_{и}$ приведены в метрической системе измерения.

Следующей формулой, по которой можно контролировать идеальную массу тела является формула Брока :

для мужчин $V_{(ид)}^M = 0,9 \cdot (P - 100)$;

для женщин $V_{(ид)}^Ж = 0,85 \cdot (P - 100)$,

где P – рост человека, см.

Исходные данные для определения идеальной массы тела в табл. 20.

Таблица 19
Состав и энергетическая ценность некоторых основных пищевых продуктов (содержание в 100 г съедобной части продукта)

| Продукт | Белки, г | Жиры, г | Углеводы, г | Ккал |
|------------------------------|----------|---------|-------------|------|
| Мука пшеничная высшего сорта | 10,3 | 1,1 | 69,1 | 334 |
| Мука ржаная обойная | 10,7 | 1,9 | 58,6 | 293 |
| Хлеб: | | | | |
| ржаной простой формовой | 6,6 | 1,2 | 35,3 | 181 |
| батоны простые | 8 | 0,9 | 49,1 | 235 |
| булки из муки высшего сорта | 7,7 | 2,4 | 52,2 | 266 |
| сдоба | 8 | 5,3 | 53,9 | 299 |
| Крупа: | | | | |
| гречневая (ядрица) | 12,6 | 3,3 | 63,2 | 335 |
| манная | 10,3 | 1 | 67,9 | 328 |

Продолжение табл. 19

| | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|-----|
| рисовая | 7 | 1 | 71,8 | 330 |
| пшеничная | 11,5 | 3,3 | 67,2 | 348 |
| овсяная | 11,0 | 6,1 | 52,3 | 303 |
| перловая | 9,2 | 1,1 | 66,6 | 320 |
| Горох лущеный | 23 | 1,6 | 51,9 | 314 |
| Макаронные изделия (1 сорт) | 10,7 | 1,3 | 68,6 | 335 |
| Сахар-песок (рафинад) | 0 | 0 | 99,9 | 379 |
| Мед натуральный | 0,8 | 0 | 81,3 | 314 |
| Шоколад молочный | 6,9 | 35,7 | 52,1 | 550 |
| Масло сливочное несоленое | 0,5 | 82,5 | 0,8 | 748 |
| Масло подсолнечное нерафиниров. | 0 | 99,9 | 0 | 899 |
| Маргарин сливочный | 0,3 | 82 | 1 | 743 |
| Молоко пастеризован. 3,5 % жирн. | 2,8 | 3,5 | 4,7 | 61 |
| Сливки (сметана) 30 % жирности | 2,8 | 20 | 3,7 | 206 |
| Кефир жирный | 2,8 | 3,2 | 4,1 | 56 |
| Мороженое сливочное | 3,3 | 10 | 19,8 | 179 |
| Сыр «Российский» | 23 | 29 | — | 360 |
| Творог жирный | 14 | 18 | 2,8 | 232 |
| Баранина 1 категории | 15,6 | 16,3 | 0 | 209 |
| Говядина 1 категории | 18,9 | 16 | 0 | 218 |
| Свинина мясная | 14,3 | 33,3 | 0 | 357 |
| Куры 1 категории | 18,2 | 18,4 | 0,7 | 157 |
| Яйца куриные | 12,7 | 11,5 | 0,7 | 241 |
| Колбаса вареная столовая | 11,1 | 20,2 | 1,9 | 310 |
| Колбаса полукопченая «Краковская» | 16,2 | 44,2 | 0 | 466 |
| Сало (шпик) | — | — | — | 816 |
| Окунь морской | 18,2 | 3,3 | 0 | 169 |
| Горбуша соленая | 22,1 | 9 | 0 | 169 |
| Капуста белокочанная | 1,8 | 0,1 | 5,7 | 27 |
| Картофель | 2 | 0,4 | 17,3 | 80 |
| Морковь | 1,3 | 0,1 | 8,4 | 34 |
| Петрушка (зелень) | 3,7 | 0,4 | 9,5 | 49 |
| Горошек зеленый | 5 | 0,2 | 12,9 | 73 |
| Огурцы грунтовые | 0,8 | 0,1 | 3,3 | 14 |
| Свекла | 1,5 | 0,1 | 10 | 32 |
| Яблоки | 0,4 | 0,4 | 10,4 | 45 |
| Сливы | 0,8 | 0 | 10,1 | 43 |
| Виноград | 0,6 | 0,2 | 15,6 | 65 |

Окончание табл. 19

| | | | | |
|--------------------------|------|------|------|-----|
| Апельсины | 0,9 | 0,2 | 9,5 | 40 |
| Грибы белые (свежие) | 3,7 | 1,7 | 2,4 | 23 |
| Орехи грецкие, фундук | 16,1 | 66,9 | 9,9 | 707 |
| Водка 40 %, алк. | — | — | 0,1 | 235 |
| Коньяк 40 %, алк. | — | — | 0,1 | 239 |
| Виски 40 %, алк. | — | — | — | 220 |
| Вино белое 12 %, алк. | — | — | 0,2 | 66 |
| Вермут 13 %, алк. | — | — | 15,9 | 158 |
| Пиво «Жигулевское» | 0,6 | — | — | 37 |
| Квас хлебный | 0,2 | — | — | 25 |
| Варенье, джем, повидло: | | | | |
| варенье клубничное | 0,3 | 0 | 70,9 | 271 |
| повидло яблочное | 0,4 | 0 | 65,3 | 250 |
| джем из черной смородины | 0,6 | 0 | 68,1 | 265 |
| Соки плодовые: | | | | |
| апельсиновый | 0,7 | 0 | 9,1 | 38 |
| виноградный | 0,3 | 0 | 2,8 | 54 |
| вишневый | 0,7 | 0 | 13,8 | 54 |
| сливовый | 0,3 | 0 | 10,2 | 47 |
| шиповниковый | 0,1 | 0 | 16,1 | 66 |
| черноплодно-рябиновый | 0,1 | 0 | 17,6 | 70 |
| яблочный | 0,5 | 0 | 7,4 | 32 |

Таблица 20

**Определение массы тела в зависимости от его размеров
и типа телосложения**

| Мужчины | | | | Женщины | | | |
|-------------|--|---|--|-------------|--|--|--|
| Рост, см | Узкая груд- ная клет- ка (асте- ники), см | Нор- мальная грудная клетка (нормо- стени- ки),см | Широ- кая грудная клетка (ги- пер- стени- ки), см | Рост, см | Узкая груд- ная клет- ка (ас- тенн.) , см | Норма- льная груд- ная клетка (нор- мос- тен.), см | Широ- кая груд- ная клетка (гипер- стени- ки), см |
| 155 | 49,3 | 56,0 | 62,2 | 152,5 | 47,8 | 54,0 | 59,0 |
| 157,5 | 51,7 | 58,0 | 64,0 | 155,0 | 49,2 | 55,2 | 61,6 |
| 160 | 53,5 | 60,0 | 66,0 | 157,5 | 50,8 | 57,0 | 63,1 |
| 162,5 | 55,3 | 61,7 | 68,0 | 160 | 52,1 | 58,5 | 64,8 |
| 165 | 57,1 | 63,5 | 69,5 | 162,5 | 53,8 | 60,1 | 66,3 |
| 167,5 | 59,3 | 65,8 | 71,8 | 165,0 | 55,3 | 61,8 | 67,8 |
| 170 | 60,5 | 67,8 | 73,8 | 167,5 | 56,6 | 63,0 | 69,0 |
| 172,5 | 63,3 | 69,7 | 76,8 | 170 | 57,8 | 64,0 | 70,0 |
| 175,0 | 65,3 | 71,7 | 77,8 | 172,5 | 59,0 | 65,2 | 71,2 |
| 177,5 | 67,3 | 73,8 | 79,8 | 175,0 | 60,3 | 66,5 | 72,5 |
| 180 | 68,9 | 75,2 | 81,2 | 177,5 | 61,5 | 67,7 | 73,7 |
| 182,5 | 70,9 | 77,2 | 83,6 | 180 7 | 62,7 | 68,9 | 74,9 |
| 185,5 | 72,8 | 79,2 | 85,2 | | | | |

Исходные показатели для снижения излишней массы тела даны в табл. 21.

Таблица 21

Примерный расход энергии за 1 час на 1 кг веса тела

| Вид деятельности | Расход энергии (ккал) на 1 кг веса |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Сон | 0,93 |
| Спокойное лежание без сна | 1,10 |
| Сидение в покое | 1,43 |
| Свободное стояние | 1,50 |
| Одевание и раздевание | 1,69 |
| Классные занятия | 1,70 |
| Медленная ходьба | 2,86 |
| Пилка дров | 6,86 |
| Бег скоростной 60 м | 39,0 |
| Бег скоростной 100 м | 45,0 |
| Бег (8 км/час) | 8,13 |
| Ходьба на лыжах (12 км/час) | 12,0 |
| Плавание 60 м в мин | 21,0 |
| Метание | 11,0 |
| Езда на велосипеде (15 км/час) | 6,05 |
| Езда за рулем автомобиля | 1,60 |

Основные условия питания для идеального телосложения

1. Необходимо, чтобы питание было разнообразным и сбалансированным по основным компонентам (углеводы, жиры, белки). Обязательно соблюдать правило: 50:20:30. Это позволяет наполнить организм энергией на весь день.

2. Нужно определить разницу между идеальным весом и фактическим. Излишек массы «сжигать» за счет уменьшения потребления большого количества калорий и увеличения их расхода. Снижение веса на 0,5 – 1,0 кг в неделю – оптимальный вариант. Надо знать, чтобы потерять 1 кг веса (1 кг жира эквивалентен 7000 ккал) в неделю (7 дней), надо ежедневно отказываться от 1000 ккал.

3. Ограничивать потребление жареного мяса, масла, маргарина, майонеза, растительного масла, соусов, салатных приправ, орехов, консервов, тушеной говядины, баранины, свинины, молочных продуктов с высоким содержанием жира (цельное молоко, сливки, сметана, сыр, мороженое).

4. В пищу применять низкокалорийные приправы к салатам, ограничивать потребление готовых приправ, вместо сливок

пить низкокалорийный йогурт, снятое молоко, есть обезжиренные сыры. Следует иметь в виду, что каждый грамм съедаемого жира содержит калорий вдвое больше по сравнению с белками или углеводами (1 г жира содержит – 9 ккал, 1 г белков и углеводов – 4 ккал).

5. Ограничить потребление сахара. Сахар — высококалорийный продукт (379 ккал в 100 г), в нем совершенно нет витаминов и минеральных солей. Обойтись одним или двумя сладкими блюдами в неделю. Помнить, что пока в организме не «выжжены» углеводы, жир интенсивно расходоваться не будет.

6. Потреблять больше низкокалорийных и объемных и высоковолокнистых продуктов – сырые овощи и фрукты с семенами и кожицей, вареный и печеный картофель, хлебные изделия грубого помола, отруби, жареные кукурузные зерна и постные супы.

7. При приготовлении пищи использовать как можно меньше жира. Рекомендуется тушить продукты на воде, варить овощи или есть их сырыми без всяких соусов и приправ. Применять обезжиренные заменители масла.

8. Не злоупотреблять алкогольными напитками. 100 г водки – 235 «пустых» ккал, 0,5 л пива – 150 ккал.

9. Ежедневно выпивать от 6 до 8 стаканов жидкости, лучше всего воды. Когда содержание воды в организме снижается, почки перестают работать должным образом. В такие периоды часть функций почек принимает на себя печень. Одной из функций печени является превращение жиров в энергию. Если печень перегружена, она в не состоянии переработать жиры. Пара стаканов воды облегчит работу печени и поможет избавиться от лишней массы.

10. Соблюдать правила приема пищи. Есть медленно, в спокойной и приятной обстановке. Необходимо тщательно, не торопясь, пережевывать пищу и тратить не меньше 20 мин на каждый прием пищи. Помнить, что требуется не менее 20 мин для исчезновения чувства голода. Соблюдение этого правила позволит исключить вероятность переедания.

11. Предпочитать мягкой пище жесткую. Жесткие продукты (яблоки, морковь, репа, турнепс, капуста и др.), требуют более длительного пережевывания, чем мягкие. Психологически людям необходимо жевать — это смягчает напряжение и стресс.

12. Ограничивать потребление солей натрия, с которыми в настоящее время связывают такое заболевание, как гиперто-

ния. Его источники — поваренная соль, соленья, соленая свинина, сосиски, ветчина, соленое сало, бекон, колбасы, полуфабрикаты, закуски, консервированные супы, соусы. Нужно знать, что организму требуется всего 2 – 4 г солей натрия в день. Средний человек потребляет в 5 –10 раз больше. Потребление ежедневно 20 – 30 г соли приведет к высокому устойчивому кровяному давлению, повреждению артерий, сердечной недостаточности.

13. Необходимо больше двигаться в течение дня, регулярно заниматься физическими упражнениями. Надо твердо усвоить: систематическая физическая нагрузка «сжигает» калории, уменьшает аппетит, регулирует выбор пищи, улучшает состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Соблюдать принцип и помнить: физическая нагрузка перед едой снижает аппетит и помогает не только контролировать вес, но и похудеть.

14. Избегать лишних мыслей о еде. Не сочетать прием пищи с просмотром телепередач, чтением или другим делом. Нужно концентрировать свое внимание на том, что и сколько потребляете пищи. Проявить силу воли и решимость, достичь намеченного результата.

15. Для преодоления стрессового состояния ни в коем случае не прибегать к еде или алкоголю.

16. Вести постоянный контроль за своим весом. Это должно стать привычкой. Постоянная цель – сохранение идеального веса и избавление от лишних килограммов.

17. Стараться один раз в неделю в течение 24 – 36 ч полностью обходиться без пищи. Прием воды обязателен. Это является дополнительным средством для профилактики и лечения ожирения.

18. Последний прием пищи должен быть не позже 19 ч. Доказано, что калории, поступившие в организм человека после 19 ч, не полностью расходуются, а откладываются в виде жира.

■ Оцените степень опасности острого отравления солями кадмия во время курения, если при выкуривании одной сигареты в организм поступает 10 мкг кадмия (M_{Cd}), а за сутки человек выкуривает до 20 сигарет (K_c). Выявлено, что острое отравление кадмием наступает у людей при вдыхании паров и пыли. Содержание Cd в концентрациях (C_{Cd}) составляет около 2 мг/м^3 в течение 8 ч.

За какое время курильщик получит опасную дозу вредного вещества от курения?

В течение 8 часов человек вдыхает определенное количество воздуха

$$V_0 = V_1 \times d \times t_1 \times t_2 \times F \quad \text{л или м}^3,$$

где $V_1 \times d$ - активная емкость легких человека (4-0,3);

F - количество вдохов и выдохов в минуту;

t_1 - минут в час;

t_2 - 8 ч.

Следовательно, курильщик за это время получит K_{Cd} , мг:

$$K_{Cd} = V \times C_{Cd} \quad \text{мг.}$$

Выкуривая 20 сигарет, человек потребляет (P_{Cd}) кадмия:

$$C_{Cd} = M_{Cd} \times K_C \quad \text{мг/в сутки.}$$

Следовательно, опасную дозу курильщик приобретает через T суток:

$$T_{sym} = \frac{K_{Cd}}{M_{Cd}}.$$

Это верно при условии, если выведение и нейтрализация соединений кадмия организме не происходят.

❓ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Для чего необходимо знать среднесуточное потребление пищевой энергии и по каким критериям государство определяет норму питания?
2. Почему в РФ, в такой суровой по климатическим условиям стране, норма потребления пищевой энергии примерно соответствует нормам питания Индии, Мали?

Тема 3. Загрязнение окружающей среды

3.1. Расчет выбросов вредных веществ, образующихся при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива.

Задание: произвести расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании различного вида топлива;

Цель задания:

- 1) познакомиться с составом выбросов при сжигании топлива;
- 2) рассчитать выбросы предприятия (вариант выбирает студент самостоятельно);
- 3) выбрать подходящую, на Ваш взгляд, систему очистки газов для предприятия и, зная степень очистки, рассчитать выброс после очистки.

При сжигании различных видов твердого топлива в атмосферу поступает значительное количество твердых частиц (зола, пыль, сажа), окислов серы (SO_2 и SO_3), окислов азота (NO и NO_2), окиси углерода (CO и CO_2), а также альдегиды и органические кислоты.

Около 60 % общего количества аэрозолей, попадающих в атмосферный воздух, составляют твердые частицы (главным образом, пыль и зола), образовавшиеся при сжигании угля. Выброс золы при сжигании твердого топлива зависит от состава его минеральной части, типа топочного устройства и эффективности работы пылеулавливающих установок.

При сжигании угля с содержанием минеральной части в рабочей массе топлива $A_{\text{рмз}} = 16 - 20$ % в камерных топках вынос твердых частиц за пределы топочной части может составлять до 20 % от массы топлива, причем содержание золы в уносе (остальная зола удаляется со шлаком) составляет для пылеугольных топок с сухим шлакоудалением 85 – 93 %. При отсутствии систем пылеулавливания во время сжигания твердого топлива (угля) в атмосферу выбрасывается в 10–20 раз больше твердых частиц, чем при сжигании жидкого топлива.

Выброс окиси углерода котельными установками зависит в основном от неудовлетворительного регулирования процессов горения. Так, при сжигании топлива в небольших топливных установках выброс двуокиси углерода составляет 2 % и более от массы топлива.

Наиболее значительными по объему и трудно поддающимися очистке загрязнителями атмосферы являются окислы серы. 60—80 % ежегодного выброса окислов серы в атмосферу выбрасывается с продуктами сгорания от котлов и печей. При сжигании топлива в камерных топках практически вся сера переходит в сернистый ангидрид, причем содержание окиси серы в дымовых газах не зависит от организации топочных процессов и практически определяется концентрацией серы в топливе.

Более 90 % от общего количества выбросов азота в атмосферу приходится на продукты сгорания твердого и жидкого топлива и газа. В газоходах котлов 1—5 % от общего количества окиси азота вместе с продуктами сгорания удаляются через дымовые трубы в атмосферу.

К числу достаточно хорошо изученных канцерогенных веществ следует отнести, в первую очередь, бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$), который образуется в процессе пиролиза угля и углеводородного топлива при температуре более $600^{\circ}C$ и обнаруживается в саже, дымовых газах. Образование бенз(а)пирена зависит от режима горения и, прежде всего, от количества кислорода и температуры.

Сжигание мазута и природного газа, так же как и сжигание твердого топлива, сопровождается выделением различных вредных веществ (окиси углерода, окислов азота, серы и сернистого ангидрида, летучих углеводородов, золы и пыли).

При сжигании жидкого топлива выделяется мелкодисперсная сажа, обладающая большей токсичностью, чем обычная пыль, и оказывающая неблагоприятное влияние на прозрачность атмосферы. Количество твердых частиц, выбрасываемых в атмосферу при сгорании мазута, составляет до 0,5 % от массы топлива.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а также при разложении и окислении азотсодержащих соединений, входящих в состав топлива. Концентрация бенз(а)пирена в продуктах сгорания газа невелика, а ряде случаев даже ниже, чем в окружающем воздухе.

Расчет выбросов твердых частиц

Количество золы и недогоревшего топлива, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами каждого котлоагрегата за год при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается по формуле

$$A_{\text{рмз}} = \frac{B \times A_{\text{рмз}}}{100 - G_{\text{ун}}} \times a_{\text{ун}} (1 - \eta_3), \quad \text{т/год}$$

где B – расход топлива, т/год;

$A_{\text{рмз}}$ – зольность топлива на рабочую массу, т/год;

$a_{\text{ун}}$ – доля золы топлива в уносе;

$\eta_{\text{золы}}$ – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях;

$G_{\text{ун}}$ – содержание горючих веществ в уносе, %; при отсутствии эксплуатационных данных по содержанию горючих веществ в уносе значение $G_{\text{ун}}$ принимают в соответствии с g_4 , где g_4 – потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимается по нормам теплового расчета).

Значения $A_{\text{рмз}}$ и $G_{\text{ун}}$ и $a_{\text{ун}}$, η_3 принимаются по фактическим средним показателям за год или по нормам теплового расчета.

Расчет выбросов окислов серы

Количество окислов серы SO_2 и SO_3 в пересчете на SO_2 (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год при сжигании твердого или жидкого топлива, вычисляется по следующей формуле:

$$M(\text{SO}_2) = 0,02 \times B \times S_p \times (1 - \eta_3) \times (1 - \eta_3^1),$$

где B – расход топлива, т/год;

S_p – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η_{SO_2} – доля окислов серы, связанных летучей золой в котле;

$\eta_{\text{SO}_2}^1$ – доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителе.

Доля окислов серы, связанных летучей золой, зависит от зольности топлива и содержания свободной щелочи в летучей золе.

Ориентировочные значения $\eta^1_{SO_2}$ при сжигании различных видов топлива:

| | | |
|--------|---|------|
| сланцы | — | 0,5 |
| угли | — | 0,02 |
| мазут | — | 0.02 |
| газ | — | 0,0. |

Расчет выбросов окиси углерода

Количество окиси углерода (т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов за год при сжигании органического топлива, вычисляются по формуле:

$$M_{Co} = 0,001 \times C_n \times B \times \gamma_n \times \left(1 - \frac{g_4}{100}\right),$$

где C_n – коэффициент, характеризующий выход окиси углерода при сжигании твердого, жидкого и газообразного, кг/т или кг/тыс м³;

B – расход топлива (твердого, жидкого и газообразного), т/год или тыс. м³/год; γ_n - поправочный коэффициент, учитывающий

влияние режима горения на выход окиси углерода;

g_4 - потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимают по нормам теплового расчета).

При нормальной эксплуатации котла и нормативных значениях коэффициента избытка воздуха на выходе из топки (a_T), коэффициент $\gamma_n = 1$. Если фактическое значение a_T меньше нормативного, то указанное выше значение γ_n необходимо умножить на отношение нормативного значения a_T к фактическому. В случае, когда фактическое значение a_T больше нормативного, то коэффициент $\gamma_n = 0$.

Расчет выбросов окислов азота

Количество окислов азота в пересчете на NO₂ (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{NO_2} = 0,143 \times 10^{-6} \times K \times D \times Q \cdot \left(1 - \frac{g_4}{100}\right) \times \beta_1 \cdot (1 - \beta_2 \times r) \cdot \beta_3,$$

где K – коэффициент, характеризующий выход окислов азота, кг/т условного топлива;

Q – теплота сгорания натурального твердого, жидкого и газообразного топлива, ккал/кг или ккал/м³;

g_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания, %;

β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива (содержание азота N_2) и способов шлакоудаления;

β_2 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку, %;

r – степень рециркуляции дымовых газов, %;

β_3 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок $\beta_3 = 1$, для прямоточных = 0,85).

K – коэффициент K для котлоагрегатов паропроизводительностью более 70 т/ч при сжигании газа и мазута во всем диапазоне нагрузок, а также при высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками выше 75 % номинальной определяется по формуле:

$$K = \frac{12 D_{\phi}}{200 + D}, \quad (1)$$

где D и D_{ϕ} – номинальная и фактическая производительность котла или его корпуса, т/ч.

Для котлоагрегатов паропроизводительностью менее 70 т/ч:

$$K = \frac{D_{\phi}}{20}.$$

Для водогрейных котлов $K = \frac{25 Q_{\phi}}{20 + Q}, \quad (2)$

где Q и Q_{ϕ} – номинальная и фактическая тепловая производительность котла, Гкал/ч.

При высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками котла ниже 75 % номинальной в формулы (1) и (2)

вместо D_f и Q_f подставляются $0,75D$ и $0,75 Q$, низкотемпературном – D и Q .

Исходные данные для расчетов находятся табл. 22 - 26.

Таблица 22
Содержание вредных веществ в сгораемом топливе

| Наименование топлива | Содержание вредных веществ в топливе, % | | | | | Q теплота сгорания, ккал/кг, ккал/м ³ |
|-----------------------|---|-----------------|-----------------|------|------|--|
| | CO | SO ₂ | NO ₂ | Пыль | Зола | |
| Средняя по углям | 75,2 | 2,5 | 1,8 | 5,4 | 35 | 8000 |
| Сланцы | 73,5 | 3,9 | 0,3 | - | 53,5 | 8200 |
| Торф кусковой | 57,8 | 0,3 | 2,5 | 3,3 | 11 | 7850 |
| Газ | 12,9 | - | 0,023 | - | - | 8250 |
| Мазут высокосернистый | 86,2 | 3,0 | 0,5 | 0,06 | 0,3 | 9500 |
| Дрова | 51 | - | 0,6 | - | 1,0 | 4510 |

Таблица 23
Эффективность аппаратов газоочистки и пылеулавливания

| Аппарат, установка | Эффективность, % | |
|---|----------------------------|-------------------------|
| | Твердые или жидкие частицы | Газообразование примеси |
| Золоуловители жалюзийного типа | 50 | |
| Грунтовые циклоны ЦН-15 | 70-85 | |
| Мокропрутковые золоуловители | 90-92 | |
| Пылевые камеры | 45-50 | |
| Пенные аппараты | 75-95 | |
| Циклон с водяной пленкой | 85-90 | |
| Золоуловители осадочного типа | 30 | |
| Установки очистки от окислов азота на операциях травления | | 65-90 |
| Гидрофильтеры: форсуночные | 87-94 | - |
| каскадные | 86-92 | 30-40 |
| барботажно-вихревые | 90-92 | 45-50 |

Таблица 24

Значение коэффициент (C_n) кг/т или кг/тыс. м³

| Вид топок | Каменные угли | Сланцы | Торф | Мазут | Газ природный |
|---|---------------|--------|------|-------|---------------|
| Камерные с твердым шлакоудалением для котлоагрегатов производительностью, т/ч | | | | | |
| 25 | 13 | 5,4 | 4,1 | | |
| 35 | 13 | 5,4 | 4,1 | | |
| 50 | 13 | 5,4 | 4,1 | | |
| Камерные для котлоагрегатов производительностью, т/га | | | | | |
| До 75 | | | | 19,4 | 17,9 |
| 75 и > | | | | 9,6 | 9,3 |
| Слоевые механизированные топки | 25,7 | 31,0 | 16,0 | | |

Таблица 25

Значение коэффициента β_1 , при сжигании твердого топлива (среднее)

| Топливо | Содержание азота, % среднее | При твердой и средней шлакоудаление | При жидком шлакоудалении среднее |
|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Уголь | 1,5 | 0,913 | 1,05 |
| Природный газ | - | 0,85 | |
| Мазут | | 0,75 | |

Таблица 26

Удельные показатели выбросов вредных веществ от топлива, сгораемого в котлоагрегатах

| | Удельные показатели в т/т | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------|--|
| | Твердые частицы | Сернистый ангидрид SO ₂ | СО окись углерода | Окислы азота NO _x | |
| Угли (среднее по 5) | 0,0676 | 0,0191 | 0,0423 | 0,00153 | |
| Торф | 0,0326 | 0,0018 | 0,024 | 0,00125 | |
| Мазут высокосернистый | 0,006 | 0,0549 | 0,0377 | 0,00257 | |
| Газ (на 1000 м ³) | 0,000024 | - | 0,0129 | 0,00215 | |

Производительность используемых современных котлоагрегатов для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива составляет от 4 до 180 Гкал/ч (Q) или 4,65 до 210 МВт. КПД угольных котлов составляет 90,5 – 92,4 %. Производительность котлов, т/ч: 30-75; 75-100; 160-210; 320, коэффициент рециркуляции газов (r) – 5-20 %. Удаление золы в продуктах сгорания 3-5 %.

Потери тепла (g_4) с механическим недожогом при $a_T = 1,15 - 1,20$:

1. *Угли*. Потери тепла в среднем находятся на уровне 2,5 – 3,0 %, торф – 0,75 %, сланцы – 0,5 %.

2. *Мазут*. Потери тепла (g_4) при загрузке при $a_T = 1,02 - 1,03$. При загрузке котла на 100 % потери тепла составляют 1,5 – 0,2 %, 70 – 100 % – 0,2 – 0,25 %, менее 70 % – 0,4 – 0,5 %.

3. *Газ*. Потери тепла при $a_T 0,03 - 1,05$ и при 100 %-й загрузке котла равны 0,05 – 0,07 %, 70 – 100 %-й – 0,05 – 0,1, менее 70 % – 0,1 – 0,15 %.

3.2. Расчет экологической безопасности биосферы

Степень загрязнения атмосферного воздуха устанавливают по кратности превышения ПДК с учетом класса опасности, суммации биологического действия загрязнений воздуха и частоты превышения ПДК.

Кратность превышения рассчитывается по следующей формуле

$$K = \frac{C_{95}}{ПДК},$$

где C_{95} – значение концентрации вредного вещества с уровнем достоверности 95 %;

ПДК – предельно допустимые концентрации вредного вещества.

Допустимость воздействия оценивается путем сравнения максимально разовых ($M_{рк}$) и среднесуточные (C_{cc}) концентрации с соответствующими ПДК вредных веществ по соотношению:

$$C_{mp} = C_{\phi} \leq ПДК,$$

где C_{ϕ} – фоновая концентрация того же вредного вещества в воздухе.

Для вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, допустимость воздействий оценивается по сумме безмерных концентраций:

$$\frac{C_1 + C_{\phi}}{ПДК_1} + \frac{C_2 + C_{\phi}}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n + C_{\phi}}{ПДК_n} < 1.$$

Так, например, суммационное воздействие проявляют следующие химические соединения как: окислы азота, серы и сероводорода (NO_2 , H_2S , SO_2); минеральные кислоты (H_2SO_4 , HNO_2 , HCl); газы – этилен, пропилен, анилин; озон, диоксид азота, а также формальдегид.

Таблица 27

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе селитебной зоны

| Загрязняющие вещества | Класс опасности | ПДК, мг/м ³ | |
|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| | | M _{рз} | C _{cc} |
| Пыль нетоксичная | 3 | 0,5 | 0,15 |
| NO ₂ | 2 | 0,085 | 0,04 |
| SO ₂ | 3 | 0,5 | 0,05 |
| CO ₂ | 4 | 5,0 | 3,0 |
| Бензин | 4 | 5 | 1,5 |

Расчет концентраций вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу от одинакового стационарного источника

Стационарными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу считаются котельные, обеспечивающие население и предприятия теплом, а также ТЭЦ и ТЭС, производящие не только тепло, но и электроэнергию. В данном случае важными факторами для уменьшения концентраций вредных веществ являются: сжигаемое сырье, высота трубы, отводящие газы и скорость перемещения воздушных масс в атмосфере, а также скорость выбрасываемых газов через устье трубы.

В зависимости от высоты выброса газов над уровнем земной поверхности, трубы подразделяют на: высокие $> H = 50$; средней высоты $H = 10-50$; низкие $H = 2-10$; $H = 2-10$ и наземные до 2 м.

Распространение промышленных выбросов в атмосфере подчиняется закону турбулентной диффузии. Горизонтальное перемещение газов зависит в основном от скорости ветра, вертикальное же перемещение зависит от температуры и плотности газов, распределения температур по высоте (инверсии $\frac{\Delta T_e}{\Delta h} > 0$, изотермии $\frac{\Delta T_e}{\Delta h} = 0$, конвенции $\frac{\Delta T_e}{\Delta h} < 0$, где ΔT_e - температура атмосферного воздуха, Δh).

Скорость ветра оказывает неоднозначное влияние на рассеивание вредных веществ. С одной стороны, её увеличение способствует турбулентному перемешиванию загрязняющих веществ с окружающим воздухом и снижению их концентраций. С другой стороны, ветер уменьшает высоту выброса газов над устьем трубы, пригибая к поверхности земли, способствуя повышению концентрации. Скорость ветра, при которой приземные концентрации при прочих равных условиях имеют наибольшие значения, называется опасной скоростью ветра ($V_{0.8}$).

Зону задымления с максимальным содержанием вредных веществ, которая распространяется на расстоянии 10 - 50 высот трубы, исключают из селитебной (жилой) застройки.

Расчет максимального значения концентрации вредного вещества (C_m) и расстояние (X_p), на котором будет достигнуто значение C_m при неблагоприятных метеоусловиях, производится по формуле

$$C_M = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_z \times dT}},$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации (расслоения) атмосферы (140, 200, 240);

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газов из устья источника;

η – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (при перепаде высот менее 50 м на 1 км длины ($\eta = 1$));

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

ΔT – разность температур между температурой выбрасываемых газов (T_r) и температурой (T_b) окружающей среды, °С,

$$\Delta T = T_r - T_b,$$

где T_b – температура сгораемых газов на выходе из устья трубы, °С.

По уравнению $V_z = 0,785 \times D^2 \times W_0$ вычисляем скорость выброса газов из устья трубы:

$$W_0 = \frac{V_z}{0,785 \times D^2},$$

где D – внутренний диаметр трубы, м;

W_0 – скорость выброса газов из устья трубы, м/с.

Находим опасную скорость воздушных масс (W_M) на уровне флюгера. Это необходимо знать для сравнения скорости выброса и сноса газов и возможное пригибание их к земле.

$$W_M = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V_z \times \Delta T}{H}}.$$

После проведения расчетов двух скоростей сравнить их и дать пояснение относится ли наружная скорость движения воздушных масс к опасным по отношению к скорости выброса газов и устья трубы.

Расчет вредного вещества производим по формуле

$$C_{M(SO_2)} = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_z \times \Delta T}}.$$

Расчет C_M для второго и последующих загрязнений можно упростить, используя выражение:

$$C_{M(NO_2)} = C_{M(SO_2)} \times \frac{M_{zN}}{M_z SO_2} \times F_z.$$

$$C_{M(золы)} = C_{M(SO_2)} \times \frac{M_{золы}}{M_z(SO_2)} \times F_{золы}.$$

Определяем ПДВ и минимальную высоту источника выбросов.

Если рассеиваемые вещества обладают суммой вредного действия, то ($C_{ф.с}$) в расчетах следует использовать приведенные массы выбросов M_c и фоновых концентраций $C_{ф}$, которые определяются по следующим формулам:

$$M_c = M_1 + M_2 \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + M_n \frac{ПДК_1}{ПДК_n}.$$

$$C_{ф.с} = C_{ф1} + C_{ф2} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + \frac{ПДК_1}{ПДК_n},$$

где $C_{ф.с}$ и $C_{ф1}$ – фоновые концентрации загрязняющих веществ, обладающих однонаправленным действием.

Если два вещества обладают однонаправленным действием, то подставим данные задания в формулу:

$$M_c = M_1 + M_2 \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} = M_1(SO_2) + M_2(NO_2) \frac{ПДК_{1мп}(SO_2)}{ПДК_{2мп}(NO_2)}$$

По этой же формуле определяем

$$C_{ф.с} = C_{ф.c(SO_2)} + C_{ф.c(NO_2)} \frac{ПДК_{1мпSO}}{ПДК_{2мпNO}}.$$

Максимальную высоту источника выбросов можно рассчитать по формуле

$$H_1 = \sqrt{\frac{A \times M_c \times F \times \eta}{(ПДК - C_{ф}) \times \sqrt[3]{V_z \times \Delta T}}}.$$

Поскольку однонаправленным действием, эффектом суммации обладают SO_2 и NO_2 , то значение максимальной концентрации приведем SO_2 и рассчитаем его по формулам:

$$C_{M.C} = C_{M_1} + C_{M_2} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + C_{M_n} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_n},$$

$$C_{M.C} = C_{M(SO_2)} + C_{M(NO_2)} \times \frac{M_{p3}(SO_2)}{M_{p3}(NO_2)}.$$

Примем, что по проведенным расчетам m_1 и $n_1 = 1,31$ и $1,47$, m_0 и $n_0 = 1$.

$$\text{Следовательно, } H_2 = H_1 \times \sqrt{\frac{m_1 \times n_1}{m_0 \times n_0}}.$$

Высоту трубы (H_2) определяют для полного рассеивания выбросов NO_2 и SO_2 , так как при меньшей высоте эти значения могут превышать ПДВ.

ПДВ определяется следующим образом:

$$ПДВ_c(sO_2) = \frac{(ПДК - C_\phi) \times H^2}{A \times F \times m \times n \times \eta} \times \sqrt[3]{V_2 \times \Delta T}.$$

Таким же образом находим ПДВ золы, но только вместо значения $F_z = 1$ примем $F_{зопы} = 2,5$.

Из соотношения $\frac{M_1}{M_2} = \frac{ПДВ_1}{ПДВ_2}$ можно выразить

$$ПДВ_2 = ПДВ_1 \times \frac{M_1}{M_2}, \text{ получим уравнение}$$

$$ПДВ_1 = ПДВ_c - ПДВ_1 \times \frac{M_2}{M_1} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2}.$$

Таким способом ПДВ каждого вещества можно рассчитать:

$$ПДВ_1 = \frac{ПДВ_c}{1 + \frac{M_2}{M_1} \frac{ПДК_1}{ПДК_2}} \quad \text{г/с.}$$

Расчеты показывают, что рассеивание при предельно допустимом выбросе (ПДВ) газов, при высоте трубы, равной 40 м соответствует:г/с.

Расстояние (X_m) от источника выбросов, при котором наблюдается максимальное значение концентрации (C_m), определяется по выражению

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H,$$

где d – безразмерный коэффициент, который находится при $\Delta T > 0$. В данном случае будем считать, что он равен от 6,920 до 8,678.

В случае, если концентрация вредных веществ превышает предельно допустимые уровни, то необходимо увеличить высоту трубы до величины, на которой будет происходить разбавление вредных веществ до безопасного уровня.

Таблица 28

Исходные данные для решения задачи

| Наименование | Значение |
|---|-------------|
| Принятая высота дымовой Трубы (H), м | 40-50 |
| Расход выбрасываемых продуктов сгорания (V_T), м ³ /с | 1,906-5,766 |
| Масса вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу (M), г/с: диоксид серы (SO ₂) | 11,5-13,6 |
| зола | 5,944-6,255 |
| диоксид азота | 0,267-0,301 |
| Степень очистки продуктов сгорания от золы (μ), % | 75-90 |
| Диаметр устья трубы (D), м | 0,9-1,2 |
| Температура продуктов Сгорания (T _T), °C | 138-145 |
| Температура окружающего воздуха (зима) (T _В), °C | - 10 |
| Температура окружающего воздуха (лето) (T _В), °C | +20 |
| Коэффициент | 1,250-1,260 |
| Коэффициент | 1,290-1,306 |
| Значение F _{ГАЗОВ} для вредных газов | 1,0 |
| Для пыли и золы при F _{ЗОЛЫ} $\mu = 75\% - 90\%$ | 2,5-3,0 |

| | |
|--|-------------|
| Фоновые концентрации веществ в атмосфере ($C_{\text{ф}}$), мг/м ³ : | |
| диоксид серы (SO ₂) | 0,2 |
| зола | 0,2 |
| диоксид азота (NO ₂) | 0,04 |
| Безразмерный коэффициент d , который находят при $\Delta T > 0$ | 6,925-7,088 |

Оценка допустимого воздействия на гидросферу

Качество воды рек, озер, водохранилищ нормируется «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод загрязнений» 1991 г. Ими же устанавливаются две категории водоемов:

- 1- я – водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения;
- 2- я- водоемы рыбохозяйственного назначения.

Нормируются следующие параметры воды:

- ▶ содержание твердых взвесей;
- ▶ запах, температура, pH, ХБК и БПК;
- ▶ состав и ПДК вредных веществ и т.д.

Нормами установлены ПДК для 400 вредных веществ культурно-бытового назначения и более 100 рыбохозяйственных водоемов.

Оценка допустимости воздействия на гидросферу производится с помощью ПДК загрязнения и его концентрации C , которая в определенном расчетном створе не должна превышать установленные значения, и выражается формулой

$$\frac{C}{ПДК} < 1.$$

При наличии вредных веществ санитарное состояние водоема отвечает нормам, если выполняется соотношение:

$$\sum_i^k = \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где C_i – концентрация i -го вещества в расчетном створе водоема;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества;

K – количество веществ, имеющих одинаковый ЛПВ.

Методика расчета допустимости величин сбросов сточных вод в водоем основана на следующих допущениях:

- а) речной поток считается безграничным;
- б) зона начального разбавления отсутствует;
- в) выпуск сточных вод сосредоточенный.

Концентрация вредных веществ, поступивших в водоем со сточными водами, по мере удаления их места сброса уменьшается (для веществ, которые называют консервативными, концентрация изменяется только вследствие разбавления).

Концентрацию консервативных веществ в максимальной загрязненной части струи после перемешивания можно определить по формуле

$$C = C_{\phi} + \frac{(C_0 - C_{\phi})}{K_p},$$

где C_{ϕ} – фоновая концентрация вредных веществ в воде, мг/л;

C_0 – концентрация вредного вещества в сточных водах, мг/л;

K_p – кратность разбавления.

$$K_p = 1 + m_c \times \frac{V_e}{V_{ce}}$$

где $m_c = 0,276$; $V_e = 42 \text{ м}^3/\text{с}$; $V_{ce} = 1,235 \text{ м}^3/\text{с}$.

Определить расстояние от створа практически до полного смешения можно по следующей формуле:

$$L_{п.с} = \left[\frac{1}{K} \times \ln \left(\frac{V_{св} + 0,9 \times V_{г}}{0,1 \times V_{св}} \right) \right]^3.$$

Таблица 29
Характеристика объекта и территории

| Наименование | Значение |
|---|----------|
| Расход сточных вод ($V_{с.в.}$), м ³ /с | 1,235 |
| Концентрация нефтепродуктов в сточных водах (C_0), мг/л | 23,5 |
| Расход воды в реке (V_B), м ³ /с | 42 |
| Коэффициент смешения (m_c) | 0,276 |
| Концентрация нефтепродуктов в водах до места сброса сточных вод ($C_{ф}$) | 0,05 |
| Коэффициент, характеризующий гидравлические условия смешивания (k) | 0,228 |

3.3. Автотранспортное загрязнение окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека

Мировой автомобильный парк по некоторым данным составляет 800 млн ед. В РФ на 1997 г. он соответствовал 22,5 млн ед. Доля автомобильного парка в загрязнении биосферы в РФ равна 14 % от общего выброса, США – 55. В мегаполисах выбросы загрязняющих веществ находятся на уровне 70 – 80 % от общего объема выбросов. Кроме того, автотранспорт — основной источник акустического загрязнения окружающей среды (75 – 95 %). В крупных городах уровень шума от работы автотранспорта достигает 70 – 75 дБА (А - промеры по шкале шумомера А), что превышает допустимые нормы. Установлено, что на сжигание 1 кг бензина современный автомобиль расходует 12 м³ атмосферного воздуха (или 250 л в кислородном эквиваленте), человек же за сутки на дыхание потребляет воздуха —15,5 м³.

В табл. 30 даны некоторые вредные вещества, отрицательно воздействующие на здоровье человека.

Таблица 30

Влияние выхлопных газов автомобилей на здоровье человека

| Вредные вещества | Последствия воздействия на организм человека |
|---|--|
| Оксись углерода (CO) | Препятствует адсорбированию кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности, замедляет рефлексy, вызывает сонливость и может стать причиной потери сознания и летального исхода |
| Окислы азота (N _x O _x) | Увеличивают восприимчивость организма к вирусным заболеваниям (типа гриппа), раздражают легкие, вызывают бронхит и пневмонию, отек легких |
| Сернистый ангидрит (SO ₂) | Раздражает слизистую оболочку органов дыхания, вызывает кашель, нарушает работу легких; снижает сопротивляемость к простудным заболеваниям; может обострить хронические заболевания сердца, а также вызывает бронхит |
| Свинец (Pb) | Способствует появлению отклонений в функционировании половой системы, дефектов у новорожденных, замедлению развития детей с самого раннего возраста, вызывает бесплодие, спонтанные абортy и другие нарушения |

Задание 3.1. Определить объем автотранспортного загрязнения окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека в районе автомагистрали.

Цель задания 3.1: ознакомиться с видами автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха около автомагистралей такими вредными соединениями, как оксиды углерода, азота и свинца, ангидриды серы, углеводороды и органическая пыль.

Методические указания по выполнению задания

Для выполнения этого задания необходимо выбрать участок дороги длиной 500 – 1000 м и на этом отрезке определить количество автотранспорта, проходящего за 20 мин и в течение 1 ч в обоих направлениях движения по автомагистрали.

В табл. 31 даны выбросы некоторых вредных веществ при сгорании 1 т топлива, а пробеговые выбросы вредных веществ табл. 32.

Таблица 31

Значение коэффициентов (К), определяющих выброс вредных веществ (ВВ) проходящим автотранспортом в зависимости от вида топлива

| Вид топлива | Значение коэффициентов (К), кг/т | | | | | |
|-------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----|-------------------------------|------|
| | CO | SO ₂ | NO ₂ | Pb | C _n H _n | Пыль |
| Бензин | 395 | 1,6 | 20,0 | 0,7 | 34,0 | 2,0 |
| Дизтопливо | 9,0 | 6,0 | 33,0 | — | 20,0 | 16,0 |

Исходные значения для расчетов расхода топлива по пробегу автомашин даны в табл. 33.

Таблица 32

Пробеговые выбросы различных групп автомобилей

| Вид автотранспорта | Удельные пробеговые выбросы, г/км | | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----|-----------------|-------|
| | CO | C _n H _n | NO _x | C | SO ₂ | Pb |
| легковой | 19,8 | 2,3 | 0,28 | - | 0,07 | 0,035 |
| автобусы ПАЗ | 37,3 | 6,9 | 0,8 | - | 0,19 | 0,043 |
| автобусы (ДТ) | 6,2 | 1,1 | 3,5 | 0,3 | 0,56 | - |
| «газели» | 28,5 | 3,5 | 0,6 | - | 0,11 | 0,054 |

Таблица 33

Норма расхода топлива

| Тип автотранспорта | Норма расхода, л /100 км (Q) | Удельный расход топлива, л /км (q) |
|--------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Легковой | 8 – 14 | |
| Грузовой | 26 – 28 | |
| Автобусы | 30 – 32 | |
| Дизельный | 24 – 26 | |

Расчет сожженного топлива определяется по формуле

$$Q = q \cdot l.$$

Студент должен заполнить таблицу (см. табл. 34) исходя из данных, полученных при подсчете автотранспорта на автомагистрали.

Таблица 34

Учет автотранспорта и расчет общего пути

| Тип автотранспор-та | Проехало автомоби-лей за 20 мин, ед | Проехало ав-томобилей за 1 ч, ед | Общий путь, прой-денный общим коли-чеством автомашин за 1 ч, км (l) |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| Легковой | | | |
| Грузовой | | | |
| Автобусы | | | |
| Дизельный автотранспорт | | | |

Общий путь, пройденный выявленным количеством автотранспорта каждого типа за 1 ч, определяется по формуле, км:

$$P = N_a \cdot L,$$

где P — расстояние, пройденное каждым типом автомобилей, км;

N_a — количество автотранспорта, учтенного в течение 1 ч;

L — длина учетного участка (500 – 1000 м), км.

Необходимо рассчитать расход топлива каждым видом автотранспорта и записать в таблицу (см.табл. 35).

Таблица 35

Расход топлива (Q), л

| Тип автотранспорта | Q | |
|--------------------|--------|------------|
| | Бензин | Дизтопливо |
| легковой | | |
| грузовой | | |
| автобусы | | |
| дизельный | | |
| Всего | | |

Количество выбросов вредных веществ для здоровья человека, поступающих в атмосферу при сгорании топлива в двигателях автомобилей, оценивается расчетным методом.

Рассчитать массу выделившихся вредных веществ (m, г) по формуле

$$m = Q \cdot K_{\text{вв}} \cdot P,$$

где m — масса выделившегося вредного вещества, г;

Q — расход топлива, кг;

$K_{вв}$ — количество вредного вещества в 1 кг топлива, г;

P — плотность топлива 0,8-0,85 ДТ и 087 – 0,93 кг/л бензин АИ-80 и АИ - 93;

или
$$m = \frac{V \cdot M}{22,4},$$

где m — масса выделившегося вредного вещества, г;

M — молекулярная масса вещества;

$V(q)$ — удельный вес расхода топлива, л/км.

Атомарная масса SO_2 – 64,06; O_2 – 32; CO – 28,1; CO_2 – 44,01;

NO_2 – 46,01, NO – 30,01, C – 12,01, Pb – 207,19, $C_{20}H_{12}$ (бенз(а)пирен) – 200

или $m = L \cdot P_B,$

где – L расстояние, км;

P_B - пробеговый выброс, г/км.

Таблица 36

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе населенных пунктов

| Вредное вещество | Класс опасности | Предельно допустимые концентрации, мг/м ³ | |
|-------------------------|-----------------|--|----------------|
| | | Максимально разовая | Среднесуточная |
| Двуокись азота | 2 | 0,085 | 0,04 |
| Сажа | 3 | 0,15 | 0,05 |
| Свинец и его соединения | 1 | 0,001 | 0,0003 |
| Оксид углерода | 3 | 3 | 1,0 |
| Углеводороды | 4 | 5 | |
| Пыль | 3 | | 0,15 |

Таблица 37

**Расчет количества чистого воздуха, необходимого для
разбавления опасной концентрации на учетной территории
до санитарных норм**

| Вредное Вещество | | Количе- ство вредно- го ве- щества в 1 кг топли- ва, г | Масса (m) вредного вещества в общем количест- ве топли- ва, г | Объем учет- ной терри- тории, м ³ (W _y) | Выброс вредных веществ на учет- ную тер- риторию, мг/м ³ | Объем воздуха, необхо- димый для разб- авления, м ³ (W _p) |
|---------------------|----|---|---|---|---|--|
| СО | Б | | | | | |
| | ДТ | | | | | |
| SO ₂ | Б | | | | | |
| | ДТ | | | | | |
| NO ₂ | Б | | | | | |
| | ДТ | | | | | |
| Pd | Б | | | | | |
| СnH n | Б | | | | | |
| | ДТ | | | | | |
| Пыл ь | Б | | | | | |
| | ДТ | | | | | |

Для определения выброса вредных веществ на учетной территории необходимо определить их массу (общую массу по видам) и объем воздуха по формуле

$$W_y = L \cdot \text{Ш} \cdot H,$$

где L — расстояние, взятое для учета транспорта, м (500 – 1000);

Ш — ширина проезжей части дороги, м;

H — высота, равная росту человека, м (1,8 – 2,0);

W_y — объем воздуха на учетной территории, м³.

Объем воздуха, необходимый для разбавления (при безветрии) опасной концентрации до санитарных норм, определяется следующим образом, м^3 :

$$W_p = m / \text{ПДК}.$$

■ Определить содержание кислорода, в процентах, содержащееся в приземном слое атмосферного воздуха в районе размещения автомагистрали (т.е. в том объеме воздуха, в котором определялся выброс вредных веществ), если на сжигание 1 кг топлива расходуется примерно 1,388 кг кислорода. Начальная концентрация кислорода (O_2) в воздухе равна 20,8 %.

Сделайте выводы по полученным данным.

Сформируйте ваши предложения по снижению уровня атмосферного загрязнения.

■ Какое количество свинца (Pb) поступит в организм человека за летний период, если коэффициент выведения свинца из организма не превышает 0,01 мг. Объем воздуха, поглощаемый человеком, определяется следующим образом (7 месяцев):

$$V_0 = V \cdot f \cdot d \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4, = \text{ л},$$

переведите в м^3 (1 л = 1 дм^3 , 1 дм^3 = 1000 см^3),
где V_1 – средний объем легких человека (4 л);

f – средняя частота дыхания 30 вдохов/мин;

d – средний коэффициент обмена воздуха в легких (0,3);

t_1 – количество минут в часе;

t_2 – количество часов в сутках;

t_3 – количество дней в месяце;

t_4 – количество учитываемых месяцев.

Следовательно, за данный период в организме человека накопится соединений свинца:

$$M_{\text{Pb}} = (C - a \cdot C) \cdot V_0,$$

где C – концентрация паров свинца в воздухе (она определена ранее);

a – коэффициент выведения Pb из организма (0,01).

■ Оцените, чему равна доля энергии, которая производится всеми энергетическими установками мира, по сравнению с солнечной радиацией, достигающей земной поверхности. При-

мом, что в мире за 2005 г. было произведено $1,12 \cdot 10^{12}$ кВт·ч энергии. Солнечная постоянная, характеризующая полный поток энергии, которая поступает в единицу времени на единицу площади перпендикулярно направлению солнечных лучей за пределами атмосферы, равна $8,17 \text{ Дж}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$. Среднее количество радиации, поступающее в верхние слои атмосферы от Солнца, составляет $1050 \text{ кДж}/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$ (Q). Из этого количества радиации 30 % (d_1) отражается атмосферой и 10 % земной поверхностью (d_1), 25 % поглощается атмосферой, 35 % - Землей.

Решение. Доля энергии от Солнца, достигающая поверхности Земли, равна:

$$D = Q \cdot (d_1 + d_2) = \text{кДж}/(\text{см}^2 \cdot \text{год}) \text{ или } \text{кДж}/(\text{км}^2 \cdot \text{год}).$$

(1 км² = 100 га),

где d_1 и d_2 – доля энергии, отражаемая и поглощаемая атмосферой, доли (0,1 и 0,25);

Q_n – плотность потока солнечного излучения за пределами атмосферы.

Полный поток солнечной энергии, достигающей поверхности земли, равен, кДж/год,

$$Q_n = S \cdot D = 4\pi R^2 \cdot D,$$

$$S = 4\pi R^2 \cdot D,$$

где R^2 – радиус земли.

Количество произведенной энергии в мире за год соответствует $1,12 \cdot 10^{12}$ кВт·ч, а так как 1 кВт·ч = 3600 кДж, то

$Q_{\text{чел}} = 4,0 \cdot 10^{15}$ кДж/год. Следовательно, доля энергии, производимая мировым сообществом, равна

$$D_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{чел}}}{Q_n} \quad \text{кДж/год, или } 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ \%}.$$

❓ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Какие виды вредных веществ выбрасываются в атмосферу при сгорании топлива в двигателе автомобиля и чем заключается опасность этих веществ для здоровья человека ?

Тема 4. Плата за загрязнение атмосферы вредными веществами

В соответствии с постановлением Совета Министров РСФСР от 9 января 1991 г. № 13 предприятия, расположенные на территории России, впервые были обязаны вносить плату за загрязнение окружающей среды. В настоящее время действует постановление Российской Федерации от 12.06.2003 г. № 344 "О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления, другие виды вредного воздействия", согласно которому плата взимается с предприятий, объединений, кооперативов и организаций, СПК, ЗАО, ОАО, учреждений, обладающих правами юридического лица (далее "предприятия"), вне зависимости от форм собственности и организации хозяйственной деятельности за загрязнение окружающей среды".

Требования охраны окружающей среды определяются разрешениями на природопользование, выдаваемыми местными (республиканскими, краевыми, областными) органами, содержащими соответствующие лимиты и нормативы, нормы и правила. Для каждого предприятия устанавливаются предельно допустимые нормативы выбросов (сбросов, размещения), загрязняющих веществ в окружающую среду.

На период достижения предельно допустимых нормативов устанавливаются лимиты природопользования с учетом экологической обстановки в регионе, видов используемого сырья, применяемого природоохранного оборудования, проектных показателей и особенностей технологического режима работы предприятия, а также уровня фонового загрязнения окружающей среды. В случае достижения предприятием ПДВ (НДС, нормативов размещения отходов) лимиты выбросов (сбросов, размещения) загрязняющих веществ на последующие годы устанавливаются на уровне ПДВ (НДС) и не меняются до их очередного пересмотра. Для проектируемых и строящихся предприятий лимиты устанавливаются на уровне ПДВ (НДС) и предельного объема размещения отходов.

Лимиты (квоты) на природопользование представляют собой установленные предприятием на определенный период объемы (режимы и другие параметры) использования природных ресур-

сов, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в природную среду и размещения отходов.

Сроки достижения нормативных уровней природопользования и лимиты по годам определяются с учетом реализации общесоюзной, республиканских и местных природоохранных программ.

Лимиты выбросов (сбросов) по загрязняющим веществам, оказывающим влияние на глобальные изменения в биосфере или учитываемым в трансграничном (межрегиональном) загрязнении окружающей среды, устанавливаются на договорной основе между заинтересованными сторонами с учетом принятых международных обязательств и затем доводятся до краев, областей, городов и предприятий.

Нормативы устанавливают плату:

- за выброс в атмосферу загрязняющих веществ;
- сброс в водные объекты загрязняющих веществ;
- размещение (хранение, захоронение) отходов в природной среде.

За выбросы (сбросы, размещения) загрязняющих веществ в природную среду (в дальнейшем "выбросы загрязняющих веществ") устанавливаются два вида нормативов платы:

- за установленные лимиты выбросов загрязняющих веществ;
- за превышение установленных лимитов выбросов загрязняющих веществ.

Устанавливаемые нормативы платы не распространяются на случаи аварийных и залповых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ. В этих случаях предприятия возмещают нанесенный ущерб согласно исковому заявлению по решению суда.

Плата за выбросы загрязняющих веществ является формой компенсации ущерба, наносимого загрязнением окружающей среды. Нормативы платы рекомендуется (в настоящее время так и есть) устанавливать на уровне республики, края (без областного деления) исходя из общегосударственных и республиканских нормативно-методических документов и дифференцировать с учетом местных условий, состава и свойств выбрасываемых загрязняющих веществ.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов рассматривается как плата за использование природного ресурса (способности природной среды к нейтрализации вредных веществ).

Нормативы платы за выбросы — загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов определяют исходя из затрат в целом по региону (автономная республика, край область, крупные города) на предотвращение и компенсацию ущерба, наносимого загрязнением окружающей среды, предусмотренных заинтересованными сторонами и местными природоохранными программами, планами (без учета затрат на мероприятия, осуществляемые предприятиями за счет собственных средств).

Плата за выбросы загрязняющих веществ сверхустановленных лимитов применяется в случаях невыполнения предприятиями обязательств по соблюдению согласованных лимитов выбросов.

Нормативы платы за превышение лимитов выбросов загрязняющих веществ определяются исходя из затрат предприятий на предотвращение ущерба и взимаются в кратном размере. В настоящее время нормативы платы за превышение лимитов выбросов превышают "лимитные нормативы" в 5 раз. Между тем рекомендовано ограничить размеры взимаемой платы за превышение лимитов выбросов на переходный период к рыночной экономике нормативными актами государств СНГ, решениями органов местного самоуправления на уровне 10 % от прибыли, остающейся в распоряжении предприятия.

При введении платы за выбросы загрязняющих веществ местные (республиканские, краевые, областные) органы управления по представлению соответствующих органов устанавливают и доводят до предприятий:

- перечень ингредиентов загрязняющих веществ (номенклатуру отходов) для расчета лимита выбросов загрязняющих веществ;
- лимиты выбросов загрязняющих веществ по предприятиям;
- нормативы платы за установленные лимиты выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и размещения отходов;
- нормативы платы за превышение установленных лимитов выбросов загрязняющих веществ.

На основе доведенных нормативов и лимитов предприятия самостоятельно рассчитывают и проектные величины платы за выбросы загрязняющих веществ и представляют их с соответствующими основаниями на утверждение в местные органы самоуправления.

Платежи за выбросы загрязняющих веществ направляются в местные фонды охраны природы, создаваемые в составе внебюджетных средств органов местного самоуправления на уровне краев, областей, наиболее крупных городов в целях накопления и эффективного использования средств на финансирование природоохранных и оздоровительных мероприятий,

Платежи за утвержденные лимиты выбросов перечисляются предприятиями ежеквартально (на основе договоров, заключаемых между предприятиями и местными республиканскими, краевыми, областными) в соответствующие местные фонды охраны природы не позднее 20-го числа первого месяца квартала, следующего за отчетным, в размере 25 % плановой годовой суммы платежей, установленной предприятиям. В случае несвоевременного перечисления средств рекомендуется устанавливать пени в процентном отношении от суммы платежа за каждый просроченный день. Платежи за превышение лимитов выбросов перечисляются в местные фонды охраны природы в течение 10 дней после установления факта превышения нормативов загрязнения природоохранными органами.

В отдельных случаях по ходатайству предприятий и представлению органов Минэкологии местные органы управления могут предоставлять отсрочку в перечислении платежей за загрязнение природной среды. Уведомление о предоставлении предприятию отсрочки направляется соответствующему учреждению банка.

Этим же постановлением установлены базовые ставки платежей. Плату за загрязнение среды определяют по всем веществам обычно за квартал, а затем суммируют за год. Ставки платы за загрязнение даны в табл. 38,39,40. Расчет ведется по следующим базовым нормативам:

r_1 – 1-й базовый норматив платы за загрязнения в пределах нормативов, когда концентрации загрязняющих веществ не превышает ПДК, а массовые расходы выбросов и стоковые не превышают ПДВ, ПДС (предельно допустимых стоков);

r_2 – 2-й базовый норматив платы за загрязнения в пределах лимитов, временно согласованных выбросов, стоков;

r_3 – норматив платы за загрязнения сверх лимитов, который превышает 2-й базовый норматив в 5 раз.

Таблица 38
Базовые платежи для некоторых видов загрязнений

| Загрязнитель | Ставки платежей, руб/т | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Первый базовый норматив, ρ_1^i | Второй базовый норматив, ρ_2^i |
| Взвешенные твердые нетоксичные вещества | 13,7 | 68,5 |
| Зола | 103 | 515 |
| NO ₂ | 52 | 260 |
| NO | 35 | 175 |
| SO ₂ | 40 | 200 |
| Свинец | 2755 | 13775 |
| Сажа | 41,0 | 205 |

Таблица 39
Ставки базовых нормативных платежей за стоки некоторых вредных веществ в водоемы

| Загрязнитель | Ставки платежей, руб/т | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Первый базовый норматив, ρ_1^i | Второй базовый норматив, ρ_2^i |
| Азот аммонийный | 689 | 3445 |
| Азот нитратный | 31 | 155 |
| Азот нитритный | 13775 | 68875 |
| Биологическая потребность воды в кислороде (БПК полн.) | 91 | 455 |
| Взвешенные вещества (сверх фона) | 366 | 1830 |
| Нефтепродукты | 5510 | 27550 |
| Фосфор | 1378 | 6890 |

Таблица 40

Ставки нормативных платежей за размещение твердых отходов

| Загрязнитель | Ставки платежей, руб/т |
|---|--------------------------------------|
| Нетоксичные промышленные отходы (гравий) | 0,4 |
| Токсичные отходы чрезвычайно опасные (1 класса) | 1739,2 |
| Высокоопасные (2-го класса) | 745,4 |
| Умеренно опасные (3-го класса) | 497 |
| Малоопасные (4-го класса) | 248,4 |
| Практически неопасные отходы (5-го класса): добывающей промышленности перерабатывающей промышленности | 0,4 руб./т 15 руб./м ³ |

Расчет платежей выполняется по формуле

$$P = k_3 \cdot \sum_{i=1}^m [p_1^i \cdot \min\{M_{\text{факт}}^i; M_{\text{ПДВ}}^i\} + p_2^i \cdot (\min\{M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i; \max\{0; M_{\text{всв}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i\}) + p_3^i \cdot \max\{0; M_{\text{факт}}^i - M_{\text{всв}}^i\}] \quad (3)$$

$$\text{или } \Pi_1 = \text{Ц}_1 \cdot K_3 \cdot M_{i\Sigma}$$

где m – количество выбрасываемых субстанций;

K_3 – коэффициент экологической ситуации;

Ц_1 – базовая цена выброса 1 т/руб., м³/руб.;

$M_{i\Sigma}$ – количество выбрасываемых субстанций.

$$\min(a; b) = \begin{cases} a, & \text{если } \dots a < b, \\ b, & \text{если } \dots b < a; \end{cases}$$

$$\max(a; b) = \begin{cases} a, & \text{если } \dots a > b, \\ b, & \text{если } \dots b > a. \end{cases}$$

Для практических расчетов платежи удобнее разделить на три части:

$$P = P_H + P_L + P_{\text{сл}},$$

где P_H – сумма платежа за выбросы в пределах норматива

$$P_H = k_3 \cdot \sum_{i=1}^m p_1^i \cdot M_H^i; \quad (4)$$

$$M_{\text{н}}^i = \begin{cases} M_{\text{факт}}^i, \text{если..} M_{\text{факт}}^i < M_{\text{ПДВ}}^i, \\ M_{\text{ПДВ}}^i, \text{если..} M_{\text{факт}}^i \geq M_{\text{ПДВ}}^i, \end{cases}$$

где $P_{\text{л}}$ – сумма платежа за выбросы в пределах лимита, но превышающие норматив:

$$P_{\text{л}} = K_{\text{э}} \cdot \sum_{i=1}^m p_2^i \cdot M_{\text{л}}^i; \quad (5)$$

$$M_{\text{л}}^i = \begin{cases} 0, \text{если..} M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ПДВ}}^i, \\ M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i, \text{если..} M_{\text{ПДВ}}^i < M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ВСВ}}^i, \\ M_{\text{ВСВ}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i, \text{если..} M_{\text{факт}}^i > M_{\text{ВСВ}}^i. \end{cases}$$

$P_{\text{сл}}$ – сумма платежа за сверх лимитные выбросы:

$$P_{\text{сл}} = K_{\text{э}} \cdot \sum_{i=1}^m p_3^i \cdot M_{\text{сл}}^i, \quad (6)$$

$$M_{\text{сл}}^i = \begin{cases} 0, \text{если..} M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ВСВ}}^i, \\ M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ВСВ}}^i, \text{если..} M_{\text{факт}}^i > M_{\text{ВСВ}}^i \end{cases}$$

$$\text{или } \Pi_i = \zeta_i \cdot K_{\text{э}} \cdot M_{\text{ПДВ}}^i + 5 \cdot \zeta_i \cdot K_{\text{э}} \cdot (M_i - M_{\text{ПДВ}}^i).$$

Отметим, что коэффициент экологической ситуации ($K_{\text{э}}$) установлен для каждого региона. Для Центрального экономического района он равен 1,9 для выбросов в атмосферу, стоков в водоемы – 1,17 (для Ивановской, Костромской, Владимирской, Орловской, Рязанской областей), почв – 1,6 (учитывается при размещении отходов), Северо-Западного экономического района – 1,5; 1,35; 1,3; Центрально-Черноземного экономического района – 1,5; 1,4; 2,0; Уральского экономического района – 2,0; 1,18; 1,17; Поволжского экономического района – 1,4; 1,9; 1,1 и т.д.

Расчет суммы платежей за стоки производится аналогично, только вместо $M_{\text{ПДВ}}$ и $M_{\text{ВСВ}}$ используются $M_{\text{ПДС}}$ и $M_{\text{ВСС}}$ – массы нормативных и временно согласованных стоков, т/год, а также $K_{\text{э}}$ – для стоков.

Плата за размещение твердых отходов производится по двухставочному тарифу с использованием ставки p_2 за согласованное размещение (табл. 40) и p_3 – за несогласованное, несанкционированное размещение отходов - в 5-кратном размере.

Пример 1 расчета. Рассчитать сумму платежей за выбросы в атмосферу котельной при $K_{\text{Э}} = 1,9$. Массы выбросов приведены в (табл. 41).

Таблица 41

Фактические, нормативные и временно согласованные выбросы и величины $M_{\text{Н}}^i$, $M_{\text{Сл}}^i$, $M_{\text{Л}}^i$, т/год

| Загрязнитель | $M_{\text{факт}}$ | $M_{\text{ПДВ}}$ | $M_{\text{ВСВ}}$ | $M_{\text{Н}}$ | $M_{\text{Л}}$ | $M_{\text{Сл}}$ |
|-----------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|
| SO ₂ | 300 | 200 | 250 | 200 | 50 | 50 |
| NO ₂ | 5 | 6 | 6 | 5 | 0 | 0 |
| Зола | 50 | 40 | 50 | 40 | 10 | 0 |

Примечание. $M_{\text{факт}}$ получены в результате замеров; $M_{\text{ПДВ}}$, $M_{\text{ВСВ}}$ рассчитаны и заданы контролирующими органами; $M_{\text{Н}}$, $M_{\text{Л}}$, $M_{\text{Сл}}$ рассчитаны по $M_{\text{факт}}$, $M_{\text{ПДВ}}$, $M_{\text{ВСВ}}$ по формулам (4), (5), (6).

Решение. Сумма платежа в пределах норматива рассчитывается по формуле (4) с учетом данных табл. 41.

$$P_{\text{Н}} = 1,9 \cdot (40 \cdot 200 + 52 \cdot 5 + 103 \cdot 40) = 23522 \text{ руб.}$$

Сумма платежа в пределах лимита (по второму базовому нормативу) для SO₂ и золы (5).

$$P_{\text{Л}} = 1,9 \cdot (200 \cdot (250 - 200) + 515 \cdot (50 - 40)) = 28785 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за сверхлимитные выбросы рассчитывается только для двуокиси серы (SO₂), так как $M_{\text{факт}} > M_{\text{ВСВ}}$ (6).

$$P_{\text{Сл}} = 1,9 \cdot 5 \cdot 200 \cdot (300 - 250) = 95000 \text{ руб.}$$

Пример 2 расчета. Рассчитать сумму платежей за стоки в водоем и за размещение отходов при $K_{\text{Э}} = 1,16$ (для стоков), $K_{\text{Э}} = 1,6$ (для почв) (табл.42, 43).

Таблица 42

Фактическое, нормативное и временно-согласованные стоки, а также величины M_H , $M_{Cл}$, $M_{Л}$, т/год

| Загрязнитель | $M_{факт}$ | $M_{пдс}$ | $M_{всс}$ | M_H | $M_{Л}$ | $M_{Cл}$ |
|---------------------|------------|-----------|-----------|-------|---------|----------|
| Азот нитритный | 1,3 | 0,2 | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,6 |
| Взвешенные вещества | 5 | 4 | 6 | 4 | 1 | 0 |
| Нефтепродукты | 10 | 11 | 11 | 10 | 0 | 0 |

Таблица 43

Фактические и согласованные (M_C) массы размещаемых отходов, а также $M_{Cл}$ и $M_{Л}$, т/год

| Загрязнитель | $M_{факт}$ | M_C | $M_{Л}$ | $M_{Cл}$ |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|
| Коммунально-бытовые отходы, M^3 | 200 | 150 | 150 | 50 |
| Токсичные отходы 3-го класса, т/год | 3 | 3 | 3 | 0 |
| Токсичные отходы 4-го класса, т/год | 2 | 3 | 2 | 0 |

Решение. Массы M_H , $M_{Cл}$, $M_{Л}$ рассчитаны и приведены в табл. 41.

Сумма платежа за нормативные стоки (4) с учетом табл. 42:
 $P_H = 1,17 \cdot (13775 \cdot 0,2 + 366 \cdot 4 + 5510 \cdot 10) = 69403,23$
 руб.

Сумма платежа за временно-согласованные стоки (3):
 $P_{Л} = 1,17 \cdot (68875 \cdot 0,5 + 1830 \cdot 1) = 42432,98$ руб.

Сумма платежа за сверхлимитные стоки (5):
 $P_{Cл} = 1,17 \cdot (5 \cdot 68875 \cdot 0,6) = 241751,25$ руб.

Сумма платежа за размещение согласованной (лимитированной) массы отходов с учетом табл. 43:

$$P_{Л} = 1,6 \cdot (15 \cdot 150 + 497 \cdot 3 + 248,4 \cdot 2) = 6780,48 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за несогласованное размещение (в данном случае только коммунально-бытовых) отходов:

$$P_{Cл} = 1,6 \cdot (5 \cdot 15 \cdot 50) = 6000 \text{ руб.}$$

■ Согласно договору на комплексное природопользование предприятие Ивановской области должно перечислять плату за выбросы в атмосферу NO_2 ежеквартально. Установлено: пре-

дельно-допустимый выброс – 12 т/квартал, лимит выбросов – 15 т/квартал. Предприятием были произведены выбросы 15, 12, 20 и 13 т поквартально. В конце года предприятие перечислило за загрязнение атмосферы 5928 руб. Какие допущены нарушения и какая должна быть сумма платежа ?

■ Предприятие, располагающееся в Центральном экономическом районе, производит выбросы SO₂ в атмосферу. Нормативная масса выбросов — 55 т/год. Лимит выбросов 79 т/год. Фактические выбросы составляют 95 т/год. Какова сумма платежа за 2003 г., перечисляемая предприятием в госбюджет?

■ Предприятие Ярославской области производит выбросы вредных веществ в атмосферу (табл.44). Какова должна быть сумма платежа в 2005 г. за загрязнение окружающей среды?

Таблица 44

Выброс вредных веществ в атмосферу

| Вещество | Фактические выбросы, т/год | Нормативная масса выбросов, т/год | Лимит выбросов, т/год |
|----------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Зола | 105 | 80 | 110 |
| Свинец | 55 | 20 | 35 |
| Ванадий | 100 | 40 | 60 |

Какова должна быть сумма платежа в 2005 г., перечисляемая предприятием за загрязнение окружающей среды ?

■ Предприятие Костромской области производит выбросы в атмосферу окись азота (NO). Предельно-допустимая масса выброса – 40 т/год. Лимит выбросов составляет 60 т/год. Фактические выбросы составляют 90 т/год. Какова сумма платежа, перечисляемая предприятием в виде налога в госбюджет ?

■ Предприятие г. Иванова производит выбросы свинца (Pb) в атмосферу. Контролирующим органом установлено: нормативная масса выбросов – 35 т/год, лимит выбросов – 45 т/год. Фактические выбросы составляют 45 т/год. Какова сумма плате-

жа, перечисляемая предприятием в госбюджет в виде налога за негативное воздействие ?

■ Предприятие Костромской области производит сброс в водоем аммонийного азота. ПДС составляет 40 т/год. В силу определенных причин для предприятия на 2005 г. был установлен сброс сточных вод (ВСС) – 45 т/год. Фактические выбросы равнялись 65 т. Какова перечисляемая предприятием сумма платежа в госбюджет в виде налога за негативное воздействие ?

■ Предприятие г. Шуи в 2005 г. произвело выбросы в атмосферу SO_2 и NO_2 в количествах (табл. 45).

Таблица 45

Вредные выбросы в атмосферу

| Вещество | Фактические выбросы, т/год | Нормативная масса выбросов, т/год | Лимит выбросов, т/год |
|----------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| SO_2 | 97 | 65 | 77 |
| NO_2 | 106 | 57 | 68 |

Какова сумма платежа за негативное воздействие на природу ?

■ Предприятие коммунального хозяйства г. Кинешмы производит вывоз на мусорную свалку твердых коммунально-бытовых отходов. С контролирующими органами согласовано размещение 1009 м³/год отходов. Фактически за 2003 г. было вывезено 1260 т отходов. Какова сумма платежа за негативное воздействие ?

■ Рассчитать размер платы за загрязнение атмосферного воздуха в 2005 г. автотранспортом автохозяйства № 1, расположенного в г. Иванове. Предприятие имеет в своем составе 50 единиц автотранспорта:

– из них 20 КАМАЗов, работающих на дизельном топливе (8 ед. оборудованы нейтрализаторами, из общего количества 25 % вообще не соответствуют требованиям стандартов);

– 15 единиц грузовых автомобилей класса 4,5 т грузоподъемности (из них 5 оборудованы нейтрализаторами, остальные не соответствуют требованиям стандартов);

- 2 автобуса с карбюраторными двигателями, работающими на бензине, но не снабжены нейтрализаторами и не соответствуют экологическим требованиям по выбросу вредных веществ;
- 5 легковых автомобилей, которые соответствуют экологическим стандартам.

Ежедневный пробег одного КАМАЗа равен 450 – 500 км.

Пробег грузового автомобиля, работающего на бензине, равен 350 – 400 км.

Автобус за смену проезжает 150 – 200 км, легковой автомобиль — 120 – 150 км. Количество рабочих дней в неделю – 5, в месяц – 20 дней.

Для автотранспорта предлагается считать загрязнение по израсходованному топливу, причем базовая цена (норматив платы за загрязнение) при сгорании 1 т этилированного бензина – 2,2 руб., неэтилированного – 1,3 руб., дизельного топлива – 2,5 руб., газового – 1,2 руб. (количество неэтилированного бензина составляет 20 % от общего количества используемого топлива).

Определить платежи по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (отдельно по выбросам и общие).

ПДВ для транспортных средств устанавливаются ГОСТ и ОСТ как в виде величин выбросов для данного стандартного испытания, так и в виде пробеговых выбросов на километр пути (15 г/км).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. На основании каких документов взимается плата за выбросы загрязняющих веществ ?
2. Как взимается плата за нормативные выбросы вредных веществ ?
3. Какой коэффициент применяется при нарушении нормативов выброса вредных веществ в атмосферу ?

Тема 5. Влияние энергетики на экологическое состояние окружающей среды

5.1. Загрязнение биосферы при выработке электроэнергии при сжигании органических энергоресурсов

При собирательстве и первобытном рыболовстве человек затрачивал энергию на питание мощностью 140 Вт, подсечно-огневым земледелии и первобытном скотоводстве — 250–300 Вт, традиционном земледелии – уже около 500 Вт.

За последние 200 лет из-за дополнительного использования энергии урожайность возделываемых культур на пахотных землях выросла в 3 раза, их площадь увеличилась в 2 раза, а численность населения на планете – в 5 раз.

В современном мире расходуемая мощность энергии составляет 13,2 ТВт или $13,2 \cdot 10^{12}$ Вт. Это значительно выше мощности возобновляемых биосферных источников энергии Земли. На душу населения приходится около 2,5 кВт электроэнергии в день, а признанная норма качества жизни человека характеризуется мощностью 10 кВт·ч, что достигнуто лишь в немногих развитых странах. Так, например, на душу населения Норвегия в год потребляет 26 тыс. кВт·ч, Швеция – 16 тыс. кВт·ч, США – 12 тыс. кВт·ч, Россия – около 6,7 кВт·ч, Франция – 6 тыс. кВт·ч, Италия – 3 тыс. кВт·ч, Бангладеш – 46 кВт·ч.

Известно, что существующие технологии энергетики на угле, нефти наносят вред природе и человеку вследствие выбросов летучей золы, содержащих некоторые опасные тяжелые металлы, сернистый газ, оксид азота, углеводороды и другие. Природный газ при сгорании образует оксиды азота, серы и пыли и т.д.

На сегодняшний день доля в загрязнении биосферы деятельностью, связанной с энергетикой, составляет 27 % от общих выбросов, в том числе 60 % оксидов азота и 45 % оксидов серы.

Кроме того, при сжигании угля зола в своем составе содержит такое количество металлов, которое превышает объем добычи из недр Земли данного вида природных ресурсов. Так, например, магния в золе находится в 1,5 раза выше, чем добывается в чистом виде, молибдена – в 3, мышьяка – в 7, ртути – в 50, урана и титана – в 10, алюминия, йода, кобальта – в 15, лития, ванадия, стронция, бериллия, циркония – в 100, галлия, германия – в 1000 раз.

Содержание в золе стронция-90 вызывает повышение фонового содержания радиоактивных элементов не только вблизи золоотвалов, но и на удаленных территориях при выдувании сухой золы воздушными потоками. Выход золы и шлака на ТЭС превышает 100 млн т в год, под золоотвалами находится более 300 тыс. км² земель, часто очень ценных для производства продуктов питания.

Выброс оксидов азота и серы приводит к выпадению кислотных дождей, а значит, к окислению почв и пресноводных водоемов, гибели части флоры и фауны. Окислы азота очень опасны и для человека – при вдыхании они образуют в легких кислоты, отрицательно влияющие на здоровье и относящиеся ко 2 классу опасности.

Для снижения мощности выбросов химических примесей в атмосферу широко используют следующие методы:

- 1) замену экологически вредного топлива более экологичным;
- 2) сжигание топлива по специальной технологии;
- 3) очистку выбросов.

Задание 5.1. Рассчитать объем выбросов загрязняющих веществ при производстве электроэнергии.

Цель задания: научиться производить расчеты выброса загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива на ТЭС.

Методика проведения расчетов

1. Общее производство электроэнергии в РФ в год составляет примерно 1000 млрд кВт·ч. На душу населения приходится примерно 7,0 кВт·ч или 1 т.у.т. (население РФ по последней переписи соответствует 145,167 млн человек).

2. На производство 1 кВт·ч электроэнергии затрачивается следующее количество ископаемого топлива:

каменного угля – 0,6 кг,

нефти-мазута – 0,3 кг,

природного газа – 1 м³, или 0,3 кг у.т.

Определить, сколько требуется топлива для выработки электроэнергии на душу населения (т)?

1. Доля топлива при производстве электроэнергии соответствует следующим процентным соотношениям: каменного угля – 15 %, природного газа – 28 %, нефти-мазута – 27 %.

2. Рассчитать потребность в топливе для производства электроэнергии заданного региона в долевого соотношении.

3. Рассчитать выброс загрязняющих веществ в биосферу по видам топлива исходя из удельного выброса при выработке электроэнергии на ТЭС за квартал, год.

Исходные значения загрязняющих веществ при производстве электроэнергии даны в табл. 46.

4. Рассчитать плату за выброс загрязняющих веществ в атмосферу (где 60 % выброса соответствует ПДВ, остальная часть выше ПДВ в 1,15 – 1,2 раза).

5. Произвести расчет платы за хранение твердых отходов (золы) на поверхности почвы (принять выход золы 60 – 70 % от объема использования твердого топлива).

6. Определить расход кислорода при выработке электроэнергии, если при сжигании 1 кг каменного угля, мазута и природного газа расходуется около 2,2 кг кислорода (после расчета перевести в кубические метры).

7. Рассчитать “вклад” региона по выбросу углекислого газа в атмосферу при производстве электроэнергии (данные по углекислому газу приведены в табл. 46).

8. Определить, на сколько градусов поднимется температура при выбросе углекислого газа в атмосферу, если при выбросе 1 млрд т она поднимается на 0,0464 °С.

Таблица 46

Удельный выброс загрязняющих веществ при выработке электроэнергии на ТЭС, г/кВт·ч

| Загрязняющие вещества | Топливо | | |
|------------------------------------|------------|-----------|---------------|
| | Уголь | Мазут | Природный газ |
| СО (окись углерода) | 0,3 – 1,0 | 0,1 – 0,5 | - |
| NO _x (окислы азота) | 3,0 – 7,5 | 2,4 – 3,0 | 1,9 – 2,4 |
| SO ₂ (диоксид серы) | 6,0 – 12,5 | 4,2 – 7,5 | 0,02 |
| Пыль | 0,4 – 1,4 | 0,2 – 0,7 | 0,05 |
| СО ₂ (диоксид углерода) | 9 – 10 | 5,4 | 1,29 |

Таблица 47
Плата за выброс загрязняющих веществ

| Загрязняющие вещества | Плата за 1 т/руб. | |
|---------------------------------|--|------------------------|
| | В пределах установленных нормативов выбросов | Сверх лимитов выбросов |
| СО (оксид углерода) | 0,6 | 3,0 |
| NO (оксид азота) | 32 | 175 |
| NO ₂ (диоксид азота) | 52 | 260 |
| Пыль | 14 | 69 |
| Зола, м ³ /руб. | 103 | 515 |

■ При производстве 1 кВт·ч электроэнергии на АЭС тепловые отходы, составляющие 1900 ккал/кВт·ч, в виде нагретой воды сбрасываются в воду пруда-охладителя, которая используется для охлаждения оборудования.

Необходимо рассчитать, чему должна быть равна площадь пруда-охладителя для современной АЭС мощностью 3000 МВт, если охлаждающая способность воды $q=10$ ккал (м²·ч·град).

Решение. Первоначально расчет пруда-охладителя необходимо выполнить на 1 МВт установленной мощности (W). Годовой фонд рабочего времени для подобных объектов равен 8760 ч (t), а коэффициент использования мощности $k = 0,5 - 0,9$ (для расчета принять среднее значение k , равное 0,7). Годовое производство электроэнергии составит:

$$Q_{эл} = W \cdot t \cdot k.$$

Тепловые отходы, сбрасываемые с АЭС в воду за год:

$$Q_{отх} = Q_{эл} \cdot k_m = \quad \text{ккал},$$

$$\text{или за 1 час} \quad Q = Q_{отх} / t = \quad \text{ккал/ч.}$$

Площадь пруда-охладителя находим из выражения

$$S_{p1} = Q / q \cdot \Delta T = \quad \text{га/МВт},$$

где ΔT – градиент температуры охлаждающей воды, для летнего периода он не превышает 70 °С.

$$S_{ол} = S_{p1} \cdot 3000 \text{ МВт} = \quad \text{га.}$$

Тема 6. Определение площади лесных насаждений для воспроизводства кислорода

Лес – это совокупность земли, древесной, кустарниковой, травяной растительности, животных, микроорганизмов и других компонентов окружающей среды, биологически взаимосвязанных и влияющих друг на друга в своем развитии.

Лес входит в сферу высшего уровня интеграции живой материи не только как система генетическая и не просто как слабое природной среды, но и как экологическая система, как носитель колоссальной энергии.

По ряду важных для человечества свойств лес вполне сопоставим с Мировым океаном. Лес значительно влияет на энерго- и массообмен в биосфере, на ее функционирование, формирование природной обстановки, трансформацию гидрологических, геохимических и других факторов. Суммарная мировая биомасса лесов оценивается примерно в 200 млрд т. Доля северных хвойных лесов (в основном РФ, Канада и США) составляет 14 – 15 %, тропических – 55–60 %. Лесные площади и ресурсы древесины на душу населения соответственно равны : в Канаде–9,4 га и 815 м³, России – 5,2 га и 560 м³, Финляндии – 4,9 га и 351 м³, Швеции –2,5 га и 313 м³, США – 0,9 га и 88 м³.

Леса образуют на Земле самые крупные экосистемы. В них аккумулируется большая часть органического вещества планеты, используемого затем человеком как для собственного потребления, так и восстановления исчезающих в процессе хозяйственной деятельности компонентов биосферы.

Леса активно преобразовывают химические атмосферные загрязнения, особенно газообразные, причем наибольшей окисляющей способностью обладают хвойные насаждения, а также некоторые породы лип, верб, берез. Кроме того, лес способен поглощать отдельные компоненты промышленных загрязнений.

Растения в процессе фотосинтеза расщепляют углекислый газ, берут из него углерод, необходимый для формирования органического вещества, а кислород выделяется в атмосферу. К примеру, 1 га хорошего леса поглощает ежегодно до 6,5 т углерода и выделяет при этом около 5 т кислорода. На участках со средним древостоем поглощается соответственно углерода 4,1 т и выделяется 3,2 т кислорода (O₂). В лесу радиационный фон в два раза ниже, чем в городе, и влажность больше на 15–20 %.

На листовой поверхности одного взрослого дерева осаждается за летний период пыли, (до) кг: вязь шероховатый – 23, тополь канадский - 34, вязь перисто-ветвистый – 18, сирень – 0,6, ясень – 27, ива – 38, клен – 33, акация белая – 0,2, лох узколистный – 2.

Хорошими поглотителями свинца по обочинам дорог считаются белая акация, сирень, береза бородавчатая, лох узколистный, барбарис и др.

В процессе фотосинтеза многие древесные, кустарниковые растения выделяют особые химические соединения, которые обладают большой активностью.

Выявлено более 300 различных ароматических соединений, эфирных масел, содержащихся в воздухе леса. Так, например, 1 га лиственного леса выделяет таких веществ около 2 кг, хвойного – до 5 кг.

Лес, особенно хвойный, выделяет фитонциды, которые убивают многих болезнетворных микробов, оздоравливают воздух.

В определенных дозах фитонциды благотворно влияют на нервную систему человека, усиливают двигательную активность, секреторную функцию желудочно-кишечного тракта, способствуют улучшению обмена веществ. Фитонциды обладают ценнейшими профилактическими свойствами. Например, фитонциды почек тополя, антоновских яблок, эвкалипта губительно действуют на вирус гриппа, фитонциды капусты задерживают рост палочки Коха, фитонциды чеснока и черемши убивают как те, так и другие.

Кроме древесины леса России дают 2 млн т в год кедрового ореха, 2 млн т брусники, 1,5 млн т черники, 0,3 млн т клюквы и около 0,8 млн т съедобных грибов.

Задание 6.1. Определение площади зеленой зоны вокруг крупных мегаполисов.

Цель работы: научиться рассчитывать потребность древесно-кустарниковой растительности для выработки кислорода на дыхание человека и работы автотранспорта.

Исходные данные

Объем легких среднестатистического человека составляет 4 л. Человек в состоянии покоя в минуту делает 25–30 выдохов,

при средней нагрузке – до 50. Содержание кислорода в воздухе принять 20,8 %. Количество жителей в региональном городе составляет 70 – 75 % от общего количества населения региона. При выдохе содержание кислорода в воздухе соответствует 16,4 %. Некоторые исходные значения даны в табл. 48. Средняя площадь земли, занимаемая одним взрослым деревом, равна примерно 8,3 м² исходя из средней плотности 1 га взрослого леса из 1200 деревьев.

Алгоритм решения

1. Определить, сколько атмосферного воздуха среднестатистический человек пропускает через легкие по следующей формуле:

$$V_6 = V_1 \cdot d \cdot F \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3,$$

где V_6 – общий объем воздуха, пропущенный человеком через свои легкие за год;

V_1 – объем легких среднестатистического человека;

d – коэффициент обмена воздуха в легких человека (0,3);

F – количество вдохов и выдохов в минуту;

t_1 – минут в часе; t_2 – часов в сутки; t_3 – суток в году; произведение $V_1 \cdot d$ – активная емкость легких.

2. Определить, какое количество чистого кислорода в этом объеме и пропускают легкие человека. Содержание кислорода в атмосферном воздухе примем равным 20,8 %.

3. Определить процентное соотношение кислорода, которое непосредственно используется организмом для прохождения окислительно-восстановительных реакций.

4. Определить общее количество кислорода, потребленного для жизнеобеспечения в течение года населением данного региона.

5. Рассчитать количество деревьев соответствующих пород (на выбор), необходимых для продуцирования кислорода в течение года.

6. Определить, сколько потребуется площадей лесных насаждений для обеспечения населения регионального мегаполиса кислородом. Площадь земли под одним взрослым деревом составляет примерно 8,5 м² (при плотности древостоя 1000 – 1200 шт/га).

7. Вычислить необходимость дополнительной посадки леса на расход кислорода автомобильным транспортом, если при сжигании 1 кг топлива расходуется 1,338 кг кислорода (на-

селение РФ составляет 145,167 млн чел, общее количество автотранспорта – 23000000 ед., средний пробег автомобиля – 20 тыс. км). Определить среднее количество единиц автотранспорта на регион.

8. Какую площадь лесных насаждений необходимо иметь в пригороде для удовлетворения потребности населения города Иваново в кислороде (население составляет 500 тыс. чел.)?

9. Рассчитать количество вырабатываемого кислорода в год всем лесным массивом РФ, площадь которого составляет приблизительно 880 млн га, учитывая, что 1000 га леса ежегодно производит 10–12 т кислорода.

10. Определить количество кислорода, теряемого (недополучаемого) из-за кислотных дождей. Ежегодно кислотные дожди уничтожают 10–15 % лесного фонда России. Для какого количества людей достаточно было бы данного количества кислорода, продуцированного с этой площади (табл.48).

■ В некоторой популяции исходная численность населения составляет 2 человека (семья) (первое поколение). У родителей (в семье) в этой популяции всегда рождается по четверо детей. В каждом поколении двое из четырех детей умирают до достижения половой зрелости, а взрослое население предыдущего поколения умирает. Какое количество человек генерирует исходная семья в 6-м поколении?

■ Пара из двух особей попадает в незанятую территорию и тем самым образует некоторую популяцию особей на данной территории. У родителей (каждой пары) в этой популяции рождается по четверо детенышей, и все они доживают до половой зрелости и обзаводятся потомством, а взрослые особи предыдущего поколения при появлении нового поколения умирают. Сколько особей в 6–м шестом поколении будет насчитывать данная популяция?

Таблица 48

Продуцирование кислорода и поглощение диоксида углерода лесным массивом площадью 1 га за вегетационный период

| Породный состав лесного насаждения | Поглощение CO ₂ , т | Продуцирование O ₂ , т | Поглощение CO ₂ , м ³ | Продуцирование O ₂ , м ³ |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Ель | 6,6 | 5,0 | | |
| Сосна | 11,0 | 9,0 | | |
| Липа | 16,5 | 12,5 | | |
| Дуб | 29,7 | 22,5 | | |
| Тополь | 46,2 | 34,9 | | |
| Смешанный с хорошим древостоем | 18,9 | 16,7 | | |
| Посевы кукурузы | 18,6 | 15,0 | | |
| Посевы ярового рапса | 10,0 | 7,5 | | |

Примечание. Плотность: O₂ – 1,429 кг/м³; CO₂ – 1,977 кг/м³. 1 л объема соответствует 1 дм³. На сжигание 1 кг топлива расходуется 1,388 кг O₂.

■ Оцените срок исчезновения лесных массивов на планете (площадь суши составляет $15 \cdot 10^7$ км², леса занимают около 25 % площади суши), если каждую секунду вырубается 1 га леса. Возобновление лесов в среднем не превышает 10 %.

Опишите основные функции лесов и последствия их интенсивного уничтожения.

Решение. Площадь вырубленных лесов в течение года с учетом возобновления составляет

$S = (S_{\text{выр}}(1,0) - S_{\text{воз}}(0,1)) \cdot t_{\text{сек/час}} \cdot t_{\text{час/сут}} \cdot t_{\text{сут/год}} = \text{км}^2/\text{год}$,
или га/год.

$$t = \frac{S_{\text{суши}} \cdot S_{\text{леса}}}{S} = \quad , \text{ лет (годы)}.$$

$$S_{\text{лес}} \frac{25}{100} = 0,25 \text{ (доли)}.$$

Оцените, через сколько лет могут полностью исчезнуть лесные массивы в РФ, если ежегодно вырубается по официальным данным 2,0 – 2,5 млн га, а фактически можно увеличить эти площади в 2 – 3 раза. Возобновление леса на территории РФ

согласно официальным данным составляет 20 - 25 % от объема вырубки лесов за год.

■ Рассчитайте, сколько могла бы спродуцировать кислорода и поглотить углекислого газа вырубленная и невозстановленная площадь лесов (ежегодные потери кислорода достигают $1,10^{11}$ т).

Решение смотрите в задании 5.1.

■ Предположим, что в популяции А продолжительность жизни составляет в среднем 65 лет. Допустим, что воспроизведение происходит в возрастной группе 20-39 лет. Суммарный коэффициент рождаемости (СКР) в популяции А равен 1,9. Будем иметь в виду, что число новорожденных равняется половине (практически на 15-20 % меньше) количества людей детородного возраста (20-39 лет), умноженной на СКР. Период генерации 20 лет. Исходная численность населения составляет 14 человек, из которых 2 прародителя (дедушка с бабушкой), 4 родителя, 8 детей. Построить таблицу роста населения при условии, что СКР = 2 и 1 (табл.49).

Таблица 49

Рост численности населения

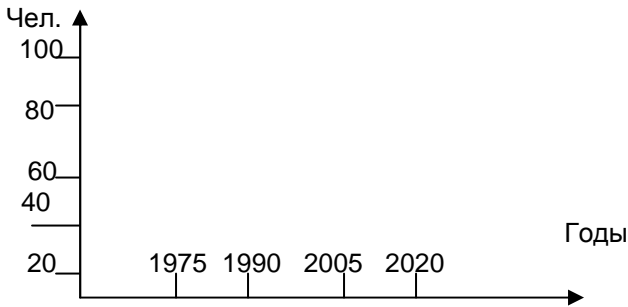
| Возраст | Численность в поколениях | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1 поколение (1975 г.) | 2 поколение (1990 г.) | 3 поколение (2005 г.) | 4 поколение (2020 г.) |
| 80 | | | | |
| 60 | | | | |
| 40-59 | 2 | | | |
| 20-39 | 4 | | | |
| 0-19 | 8 | | | |
| Общая численность | 14 | | | |

Построить таблицу роста населения при условии, что продолжительность жизни увеличилась до 80 лет.

Используя данные таблицы для продолжительности жизни 60 - 80 лет для СКР = 2, СКР = 4, СКР = 1, построить на одном графике кривые роста популяций.

Ответьте на вопросы:

- 1) Сравните кривые роста популяции А при СКР = 4 и СКР = 2. Влияет ли снижение СКР до 2 на рост численности популяции и почему?
- 2) Пусть в популяции А СКР = 2. Через какой период удвоится численность популяции?
- 3) Пусть в популяции А продолжительность жизни увеличилась с 60 до 80 лет. Как повлияет это на численность населения.
- 4) Каким будет численность популяции при СКР = 1,2, 2,5?



Показать на графике, какой будет численность населения в указанных годах.

📖 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Гущина Э.В. Практикум по экологии. М.: АО МДС, 1996. 192 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. /Под ред. С.В. Белова М., 1999. 448 с.
3. Буторина М.В., Иванов И.Н, Фадин В.А. Инженерная экология и экологический менеджмент. М.: Логос, 2003. 572 с.
4. В.И. Гриневич, Куприяновская А.П., Костров В.В. Сборник задач и упражнений по курсам «Основы экологии» и «Химия окружающей среды»: Учеб. пособие. / Ивановск. гос.хим-техн. ун-т. Иваново, 1999. 132 с.
5. Безопасность жизнедеятельности: в вопросах и ответах, задачах и решениях: Учеб. пособие / А.Г. Горбунов, В.И. Дьяков, В.Н. Ларионов и др /Ивановск. гос. энерг ун-т имени В.И. Ленина. Иваново, 2000. 408 с
6. Гарин В.М., Кленова И.К., Колесников В.И. Экология для технических вузов. Ростов нД: «Феникс», 2003.
7. Справочник агронома Нечерноземной зоны / Под ред. В.Г. Гуляева М.: Агропромиздат, 1990. 575 с.
8. Каюмов М.К. Программирование урожаев полевых культур. М., 1989.
9. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник /Под ред. С Калверта и Г.М. Инглунда М.: Metallургия, 1988, Т 1-2.
10. Муравей Л.А, Кривошеин Д.А. Экология и безопасность жизнедеятельности. М.: Изд. «ЮНИТА-Дана», 2000.
11. Современные проблемы экологии / И.Г. Мельцаев, А.Ф. Сорокин, С.Г. Андрианов и др. /Ивановск.гос. энерг. ун-т имени В.И. Ленина. Иваново, 2005. 484с.
12. Задания и методические указания к практическим занятиям по курсу «Экология». /Ивановск.гос. энерг. ун-т имени В.И. Ленина. Сост. И.Г. Мельцаев, Е.А. Пышненко. Иваново, 2005. 50с.
13. Методические указания и задания к практическим занятиям по дисциплине «Экология». Сост. И.Г. Мельцаев, А.В. Смирнов /Ивановск. гос. текстил. академия. Иваново, 2006. 48 с.
14. Соколов В.А. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. Иваново, 2003. 20 с
15. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. М.: Академия, 2002.

16. Сборник задач к практическим занятиям по курсам «Экология», «Социальная экология» и «Природопользование». /Ивановск. гос. энерг. ун-т имени В.И. Ленина. Сост.Е.А. Пышненко, А.К. Соколов, И.А. Холостова. Иваново, 2000.
17. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М., 1999. 672 с.
18. Флягин. Самоменеджмент руководителя. Пермь, 1998. 133 с.
19. Соколов А.К. Экспертиза проектов. /Ивановск. гос. энерг. ун-т имени В.И. Ленина. Иваново, 2005. 104 с.
20. Сборник методических указаний по экологии. /Ивановс. гос. текстил. академия. Сост. М.Ю.Федосеева, И.А. Павлова, С.Н. Щадрова и др. Иваново, 2002 .88 с
21. Щадрова С.Н., Беляков С.А. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Экология» /Ивановск. гос. текстил. академия. Иваново, 1998. 88 с.
22. Федорова А.И. Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: Владос, 2003. 288 с.
23. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. М.: Мир, 1997. 232 с.

Содержание

| | |
|--|------|
| Тема 1. Биологическая продуктивность фитоценоза..... | Стр. |
| 1.1. Метод расчета биологической продуктивности фитоценоза экосистем по приходу ФАР на земную поверхность..... | 3 |
| 1.2. Метод расчета биологической продуктивности экосистем по биогидрометрическому потенциалу..... | 8 |
| 1.3. Метод расчета продуктивности экосистем по влагообеспеченности и коэффициенту водопотребления..... | 16 |
| 1.4. Метод расчета возможной продуктивности экосистем по биоклиматическому потенциалу..... | 19 |
| 1.5. Метод расчета продовольственной безопасности..... | 24 |
| Тема 2. Экология питания человека..... | 31 |
| 2.1. Расчет потребности в продуктах питания для разных возрастных групп населения..... | 31 |
| Тема 3. Загрязнение окружающей среды..... | 42 |
| 3.1. Расчет выбросов вредных веществ, образующихся при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива..... | 42 |
| 3.2. Расчет биологической безопасности биосферы..... | 49 |
| 3.3. Автотранспортное загрязнение окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека..... | 58 |
| Тема 4.. Плата за загрязнение атмосферы вредными веществами..... | 66 |
| Тема 5. Влияние энергетик на экологическое состояние окружающей среды..... | 78 |
| 5.1. Загрязнение биосферы при выработке электроэнергии при сжигании органических энергоресурсов..... | 78 |
| Тема 6. Определение площади лесных насаждений для воспроизводства кислорода..... | 81 |
| 6.1. Определение зеленой зоны вокруг крупных мегаполисов..... | 81 |
| 6.1. Определение площади лесных насаждений вокруг мегаполисов для воспроизводства кислорода..... | 81 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 89 |
| Содержание..... | 91 |

СБОРНИК ЗАДАЧ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПО КУРСАМ «ЭКОЛОГИЯ», «СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ»
«ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ».

Составители: МЕЛЬЦАЕВ Иван Григорьевич,
СОРОКИН Александр Федорович

Редактор Т.В. Соловьева.

Технический редактор Е.Н. Кваша.

Лицензия ИД № 0525 от 4 июля 2001 г.

Подписано в печать Формат 60 x 84 1/16.

Печать плоская. Усл.печ.л. 4,8. Тираж 300 экз.

Заказ № . ГОУВПО “Ивановский государственный
энергетический университет им. В.И. Ленина”.

153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.

Отпечатано в типографии «ПресСто». 153025, г. Ива-
ново, ул. Дзержинского, 39